

Proyecto FuturAgua:

Resumen de resultados de investigaciones interdisciplinarias en Guanacaste, Costa Rica



www.futuragua.ca

Jennifer Romero Valpreda
Editora


Departamento de Ciencias Atmosféricas, de la Tierra y los Océanos - Department of Earth, Ocean and
Atmospheric Sciences (EOAS)

Facultad de Ciencias

The University of British Columbia

2017





Esta síntesis de resultados es una versión preliminar y no se autoriza su cita. Se realizará una publicación oficial con los resultados definitivos, que podrá ser citada como fuente fidedigna de información. Las opiniones e interpretaciones en esta publicación son las propias de los autores. El contenido es propiedad de los autores. Los resultados preliminares aquí presentados no son atribuibles a EOAS ni a las agencias financieristas de Canadá, Estados Unidos o Francia, que apoyaron este trabajo. Que el producto sea nombrado no implica promoción ni respaldo legal.

Editora: Jennifer Romero Valpreda
jromerovalpreda@gmail.com

Traducción: Jennifer Romero Valpreda

Autores principales:

Alejandra Echeverri	The University of British Columbia	aecheverri225@gmail.com
Silja Hund	The University of British Columbia	shund@eoas.ubc.ca
Tim Mc Daniels	The University of British Columbia	timmcd@mail.ubc.ca
Laura Morillas	The University of British Columbia	lmorillas@eoas.ubc.ca
Paige Olmsted	The University of British Columbia	paige.olmsted@gmail.com
Douw Steyn	The University of British Columbia	dsteyn@eoas.ubc.ca
Bandar AlMutairi	Carnegie Mellon University	bandar.cmu@gmail.com
Matthew Babcock	Carnegie Mellon University	mbabcock1235@gmail.com
Iris Grossmann	Carnegie Mellon University	i.grossmann@chatham.edu
Raffaele Vignola	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza	rvignola@catie.ac.cr
Jeroen Houdijk	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement	mail@houdyk.com
Mathilde Larghi	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement	mathildelarghi31@gmail.com
Grégoire Leclerc	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement	gregoire.leclerc@cirad.fr

WWW.FUTURAGUA.CA


Prólogo

En diciembre de 2012, tres equipos de investigadores de la Universidad de Columbia Británica (UBC), la Universidad Carnegie Mellon (CMU) y la agencia de desarrollo francesa Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), junto con investigadores del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica prepararon en forma colaborativa una propuesta al Programa de Investigación de Seguridad de Agua Dulce del G8 - Belmont Forum. Para construir esa propuesta, se realizó una reunión en el CATIE en diciembre de 2012, con actores locales (“partes interesadas”), para ayudar a garantizar que la investigación propuesta aborde las preocupaciones y prioridades regionales. En esa reunión, se acordó establecer un grupo asesor de partes interesadas. La propuesta (llamada “FuturAgua”) fue exitosa en recibir fondos de esta competencia.

Los investigadores del Proyecto FuturAgua se reunieron para realizar actividades de investigación, con el fin de comprender y contribuir a mejorar la resiliencia a la sequía en las regiones de Guanacaste y la Península de Nicoya en Costa Rica. El proyecto se diseñó para abordar dos objetivos generales: (i) contribuir a los esfuerzos científicos mundiales para comprender la adaptación al cambio climático, y (ii) ayudar a respaldar los esfuerzos de la sociedad civil y los organismos públicos para hacer a Guanacaste más resiliente a la sequía potencial y la escasez de agua en el futuro. Entre 2013 y 2017 varios investigadores, casi todos estudiantes de doctorado que trabajan con docentes supervisores y con los colaboradores de FuturAgua, realizaron trabajos de campo en Guanacaste para investigar diversos aspectos de las dimensiones ambientales y sociales de la gestión del agua y la resiliencia a la sequía en la región.

Las contribuciones de los miembros del Grupo Consejero de Actores Locales han sido invaluable para apoyar las actividades de los equipos de investigación. Los investigadores desean agradecerles profundamente, y a todas las personas que ayudaron a apoyar las actividades de investigación de cualquier forma. A medida que el 2017 llega a su fin, la fase de investigación ha terminado, y los diversos estudiantes y supervisores están preparando tesis y artículos académicos que presentarán a la comunidad científica. Al mismo tiempo, los investigadores sentimos firmemente que tenemos una profunda obligación de comunicar los resultados de la investigación a las comunidades de la región y, en particular, a aquellos que apoyaron el proceso de investigación. Para ello, los investigadores de FuturAgua buscaron y obtuvieron fondos del Consejo de Investigación de Ciencias Sociales y Humanidades de Canadá - SSHRC para apoyar los esfuerzos por comunicar nuestros hallazgos. El propósito de este informe es proporcionar resúmenes breves y accesibles de los resultados de la investigación. El documento ofrece oportunidades para que las partes interesadas y agencias regionales obtengan los beneficios de nuestras actividades de investigación a través de una mejor comprensión de los temas clave, lo que puede conducir a mejores elecciones para el futuro de la región.

Tim McDaniels, Director de FuturAgua
Douw Steyn, Director, Connection Grant – SSHRC



A la memoria de Alfonso López, y en reconocimiento a su familia; señora Carmen y sus hijos Óscar, Kevin y Jennifer, por su constante aporte desinteresado por hacer de este un mejor mundo para todos.

Agradecimientos

Clima, uso del agua y sus impactos sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneos interconectados – Silja Hund *et al*

El proyecto FuturAgua fue financiado por el Foro Belmont - G8 International Opportunities Fund for Freshwater Security. La mayoría de los fondos para esta investigación fueron proporcionados por el Consejo de Investigación de Ciencias Naturales e Ingeniería de Canadá (NSERC), así como un estipendio del CATIE y del departamento de Ciencias de la Tierra, Océano y Atmosféricos (UBC) a Silja Hund. Quisiéramos agradecer a nuestro grupo de interés local FuturAgua por todo su apoyo, en particular ACT Nicoya y NicoyAgua. Agradecemos a la Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados (ASADA) en Caimital, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) Nicoya, el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) por brindar acceso a datos y facilitar reuniones. También agradecemos a los propietarios locales que nos permitieron instalar nuestras estaciones de monitoreo en sus terrenos y así hicieron posible esta investigación. Agradecemos a nuestros colaboradores de FuturAgua, y especialmente a Grethel Rojas Hernández por su apoyo de campo y mantenimiento de las estaciones de monitoreo.

Dinámicas de uso del agua en fincas agrícolas intensivas de la Provincia de Guanacaste, Costa Rica - Laura Morillas & Mark Johnson

El proyecto FuturAgua ha sido financiado a través del Belmont Forum - G8 International Opportunities Fund for Freshwater Security (Foro de Belmont -G8 Fondo de Oportunidades Internacionales para la Seguridad del Agua). La mayoría de la financiación para esta investigación fue facilitada por el Consejo Nacional para las Ciencias Naturales y la Investigación en Ingeniería de Canadá (NSERC). Agradecemos la colaboración de los agricultores (propietarios y personal) de las fincas agrícolas en las que se instalaron las estaciones de monitoreo por facilitar y permitir esta investigación, así como compartir con nosotros datos internos de producción y riego de sus fincas, a los agentes locales del Área de Conservación Tempisque (ACT) de Costa Rica y la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), por su apoyo logístico necesario para la instalación y mantenimiento de las estaciones de monitoreo en las fincas. También a Grethel Rojas por su crucial apoyo para el mantenimiento y supervisión de las estaciones de monitoreo.

Variabilidad de patrones anuales de precipitación - Douw Steyn *et al*

El proyecto FuturAgua fue financiado por el Foro Belmont - G8 International Opportunities Fund for Freshwater Security. La mayoría de los fondos para esta investigación los proporcionó el Consejo de Investigación de Ciencias Naturales e Ingeniería de Canadá. Ofir Harari recibió el respaldo de fondos de CANSI. Agradecemos a los científicos y colegas del Instituto Meteorológico Nacional - IMN y Área de Conservación Tempisque - ACT de Costa Rica por facilitar el acceso a los datos de precipitación. Silja Hund preparó el mapa.



Percepciones sobre el sistema hídrico y respuestas a la sequía - Matthew Babcock *et al*

Este trabajo fue financiado a través de FuturAgua, un proyecto de investigación colaborativa de la Iniciativa Belmont Forum-G8. El apoyo a la participación de Carnegie Mellon en FuturAgua fue proporcionado por la Fundación Nacional de Ciencias de EE. UU. (ICER1342941-NSF). Agradecemos también a todos los entrevistados y participantes de la encuesta que nos compartieron sus historias.

Incrementando la toma de conciencia en el impacto sobre el agua por turistas, y nuevas formas de atraer fondos para conservación - Paige Olmsted *et al*

Este trabajo se desarrolló, administró y completó con el apoyo de varias organizaciones costarricenses, entre ellas, la Fundación NicoyAgua, UNA Nicoya y CATIE; un agradecimiento especial por la coordinación y facilitación de Laura Morillas, Pável Bautista y Emel Rodríguez.

Valores y actitudes al desarrollar programas de incentivos - Paige Olmsted *et al*

Este trabajo se desarrolló, administró y completó con el apoyo de varias organizaciones costarricenses que incluyen Fundación NicoyAgua, UNA Nicoya, CATIE, Centro Agrícola Cantonales de Hojancha y Nandayure, UNAFOR Chorotega. Especial agradecimiento por la coordinación y la recopilación de datos desde Lubi Bogantes, Álvaro Cubero Méndez, Diego Rodríguez Bogantes, y todo el equipo de FuturAgua.

Modelo de acompañamiento para involucrar a los actores del agua en la concientización educativa y la toma de decisiones – Grégoire Leclerc *et al*

Quisiéramos agradecer al Grupo Consejero de Actores Locales de FuturAgua por su apoyo y orientación durante el desarrollo de ContaMiCuenca. Gracias a los maestros y alumnos de Curime y Nicoya por su apertura, apoyo y entusiasmo. Este trabajo fue parcialmente financiado por ANR a través del Foro de Belmont.

Alcanzando la seguridad del agua potable a través de la organización comunitaria en Guanacaste, Costa Rica – Grégoire Leclerc *et al*

Nos gustaría agradecer a las comunidades de Colas de Gallo y Cuajiniquil por su cálido apoyo y por la organización de la logística local. Agradecemos a Xinia Campos y Emel Rodríguez por su participación apoyando el desarrollo local de ambas comunidades, y a Niels Ferrand por darnos la introducción al WAG. Este proyecto fue parcialmente financiado por ANR y por el Belmont Forum.

Planificación estratégica del sistema agrícola con un enfoque de múltiple cadena de valor - Jeroen Houdijk *et al*

Los autores agradecen el apoyo del personal del CEMEDE-UNA que proporcionó espacio de trabajo en Nicoya y a Adolfo, Marcela y Pável por sus contribuciones. Gracias a todas las personas de Orgánicos el Cerro, por su hospitalidad y sus contribuciones a este proyecto. Este trabajo fue financiado por ANR a través del Foro Belmont, y por el CATIE a través del programa de Maestría.




Toma de decisión estructurada -Tim McDaniels & Jennifer Romero

Queremos agradecer a nuestros grupos de interés (actores locales), que siempre colaboraron y participaron en todas las etapas del proyecto. Su apoyo fue fundamental para nuestra investigación social y biofísica, inclusive proporcionando orientación para que nuestros resultados sean útiles para la región. Reconocimiento especial a la Fundación NicoyaAgua por su apoyo incondicional, y a todas las personas anónimas que realizan todo tipo de esfuerzos para conservar los recursos hídricos y mantener un ambiente saludable.



Índice

Prólogo	3
Agradecimientos	5
Introducción	11
Clima, uso del agua y sus impactos sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneos interconectados.....	14
Resumen	14
A tener en cuenta	14
Contexto	14
Métodos	15
Resultados principales	15
Aplicación	18
Dinámicas de uso del agua en fincas agrícolas intensivas de la Provincia de Guanacaste, Costa Rica	19
Resumen	19
A tener en cuenta	19
Contexto	20
Métodos	20
Resultados principales	21
Aplicación	24
Variabilidad de patrones anuales de precipitación	25
Resumen	25
A tener en cuenta	25
Contexto	25
Métodos	26
Resultados principales	27
Aplicación	28
Caracterización de patrones estacionales de precipitación y los impactos del cambio climático en estos patrones.	29
Resumen	29
A tener en cuenta	29
Contexto	29
Métodos	30
Resultados principales	30
Escenarios de cambios de precipitaciones futuras en el noroeste de Costa Rica, utilizando evaluación experta y proyecciones de modelos.....	32
Resumen	32
A tener en cuenta	32
Contexto	32
Métodos	33
Resultados principales	34
Aplicación	35
	8



Percepciones sobre el sistema hídrico y respuestas a la sequía	36
Resumen	36
A tener en cuenta	36
Contexto	36
Métodos	37
Resultados principales	37
Aplicación	38
Incrementando la toma de conciencia en el impacto sobre el agua por turistas, y nuevas formas de atraer fondos para conservación	39
Resumen	39
A tener en cuenta	39
Contexto	39
Métodos	40
Resultados principales	40
Aplicación	41
Valores y actitudes al desarrollar programas de incentivos	42
Resumen	42
A tener en cuenta	42
Contexto	42
Métodos	43
Resultados principales	43
Aplicación	44
Las aves de Guanacaste bajo los efectos del cambio climático y la deforestación	46
Resumen	46
A tener en cuenta	46
Contexto	46
Métodos	47
Resultados principales	48
Aplicación	48
Modelo de acompañamiento para involucrar a los actores del agua en la concientización educativa y la toma de decisiones	50
Resumen	50
A tener en cuenta	50
Contexto	51
Métodos	51
Resultados principales	52
Aplicación	54

Alcanzando la seguridad del agua potable a través de la organización comunitaria en Guanacaste, Costa Rica.....	56
Resumen	56
A tener en cuenta	56
Contexto	57
Métodos.....	57
Resultados	58
Aplicación	59
Análisis de actores en los conflictos por el recurso hídrico.....	60
Resumen.....	60
A tener en cuenta	60
Contexto	61
Métodos	61
Resultados principales.....	61
Aplicación	62
Planificación estratégica del sistema agrícola con un enfoque de múltiple cadena de valor	64
Resumen.....	64
A tener en cuenta	64
Contexto	64
Métodos	65
Resultados principales.....	66
Aplicación	67
Evaluación de diferentes instrumentos de adaptación del sector agrícola en Guanacaste.....	68
Resumen.....	68
A tener en cuenta	68
Contexto	68
Métodos	69
Resultados principales.....	69
Aplicación	71
Toma de decisión estructurada.....	73
Resumen.....	73
A tener en cuenta	73
Contexto	74
Métodos	74
Resultados principales y aplicación	76
Lista de Publicaciones	77
Referencias.....	87

Introducción

Frente a un cambio climático y una creciente escasez de agua, hay una necesidad de contar con mejores respuestas frente a la sequía en la zona seca noroeste de Costa Rica. Los conflictos sobre el uso del agua se han intensificado entre los usuarios en esta región, entre las comunidades, las industrias agrícolas y de turismo, y otras, todas las que a su vez influyen y son influenciadas por el ambiente natural.

Los modelos climáticos globales y regionales indican que el noroeste de Costa Rica podría experimentar de aumento en las precipitaciones e incremento en las temperaturas. Dos comunidades de la península de Nicoya, Hojancha y Nicoya, comparten sus recursos hídricos. En relación a los impactos del cambio climático en el abastecimiento de agua para uso doméstico, ellas se sitúan como las municipalidades más vulnerables en Costa Rica (Kuzdas *et al*, 2012¹).

De momento no hay información de los servicios ecosistémicos que se proveen a la sociedad a partir de recursos hídricos en la región. Existe muy poco conocimiento de cómo las instituciones relacionadas con el uso del agua actúan, podrían actuar o podrían utilizar los pronósticos que hablan de sequía, a pesar de que la gobernanza en recursos hídricos ha sido estudiada en términos amplios (Vignola *et al*, 2012²). Los actores de interés en la región ven una gran vulnerabilidad a la escasez de agua y esperan que se agraven los conflictos relacionados con el agua si los acuíferos son sobre utilizados o su recarga se ve disminuida (Kusdaz *et al* 2012).

Hemos reunido a tres grupos de investigadores internacionalmente reconocidos, expertos en temas climáticos y recursos hídricos, incluyendo monitoreo y modelación de aguas subterráneas, servicios ecosistémicos, modelamiento y apoyo a la toma de decisiones, gobernanza, procesos de decisión de las partes interesadas, psicología y desarrollo rural. El componente estadounidense comprende miembros del Centro Carnegie Mellon para la Toma de Decisiones sobre el Clima y la Energía, apoyado por la NSF estadounidense. Los miembros del equipo de Canadá son todos líderes en el Instituto de Recursos, Medio Ambiente y Sostenibilidad de la Universidad de British Columbia - UBC y que está directamente vinculado al actual centro de la Universidad Carnegie Mellon - CMU. El equipo francés CIRAD incluye investigadores con vasta experiencia en desarrollo rural tropical, y está directamente vinculado a través de la experiencia de investigación y trabajo conjunto con el equipo de UBC y CMU.

El Grupo Consejero de Actores Locales son representantes de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) del campus Chorotega, del Área de Conservación Tempisque, ASADAS (administradoras de agua

¹ Kuzdas, C.; Wiek, A.; Warner, B.; Vignola, R.; Morataya, R.; Yglesias, M. Evaluación de Sostenibilidad del Sistema Hídrico Regional y el Manejo de Agua en las Sub-Cuencas Potrero, Caimital, y Nosara Alta. Informe de proyecto "Hacia el Manejo Sostenible de los Recursos Hídricos en Guanacaste, Costa Rica", Comisión Potrero-Caimital, Costa Rica, 2012

² Vignola, R.; McDaniels, T.L.; Scholz, R.W. Negotiation analysis for mechanisms to deliver ecosystem services: The case of soil conservation in Costa Rica. *Ecological Economics* 2012, 75, 22-31



potable rural), Fundación NicoyAgua, Comisión Potero-Caimital y Quirimán, y la Municipalidad de Nicoya.

El Grupo Consejero de Actores Locales fue una parte muy importante del proyecto FuturAgua. Tuvo un papel importante en términos de (i) ayudar a establecer prioridades para algunas actividades de investigación (como seleccionar sitios de monitoreo), (ii) proporcionar retroalimentación y sugerencias sobre planes de investigación específicos, (iii) proporcionar retroalimentación sobre posibles encuestas o instrumentos de investigación, (iv) proporcionar orientaciones sobre métodos sabios y eficaces para llevar a cabo el intercambio de conocimientos y la comunicación de los resultados de la investigación. El Grupo Consejero de Actores Locales estuvo integrado por los participantes del primer taller de co-diseño celebrado en diciembre de 2012. Debido a que su colaboración fue voluntaria, era importante que su participación supusiera beneficios para la región. Estos beneficios incluyen principalmente el acceso a valiosa información científica producida por la investigación.

Este proyecto de investigación se orientó en la creencia en que mejorar la seguridad de agua dulce requiere avances en conocimiento conceptual y en métodos analíticos, nuevas comprensiones científicas y un mejor entendimiento de las respuestas humanas e institucionales ante información incierta (ej. pronósticos meteorológicos). Estos avances proporcionarán las bases para i) mejorar la comprensión sobre la resiliencia ante sequías en sistemas socio-ecológicos (SES), ii) incrementar el valor de información incierta y iii) estimular las respuestas resilientes de la sociedad ante las sequías, dentro de sistemas de gobernanza multi-escala. Buscamos construir ciencia e influenciar las decisiones relevantes para lograr la seguridad hídrica en la región seca del noroccidente de Costa Rica. Adicionalmente, pretendemos hacer relevantes los aprendizajes, tanto científicos como los relacionados con la toma de decisiones, para otras áreas tropicales en las cuales la sequía es una amenaza y los SES son similares en términos de escasez de agua.

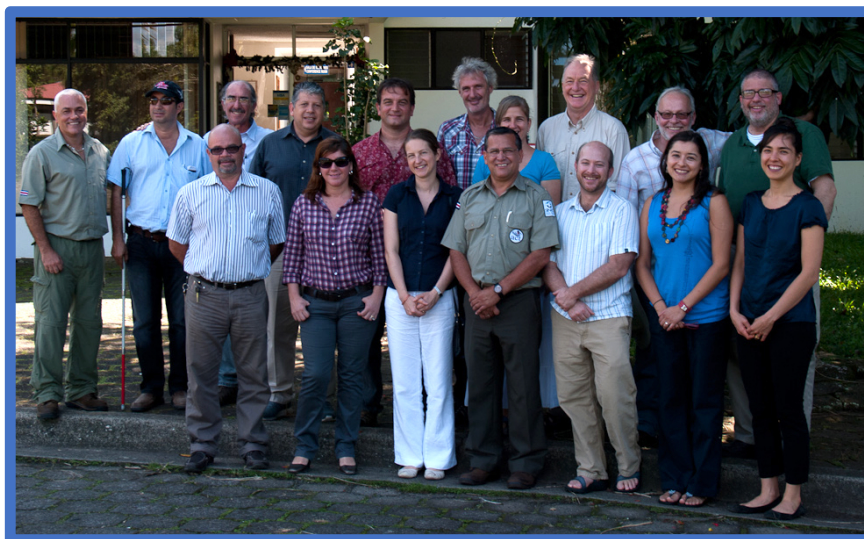
El objetivo general del proyecto FuturAgua fue ayudar a estructurar e informar decisiones futuras de adaptación con respecto a las sequías, con un énfasis en la construcción de resiliencia ante la escasez de agua en Sistemas Socio Ecológicos propensos a sequías. Este proyecto ha sido denominado "FuturAgua", nombre ideado por los *stakeholders* de la región de estudio, para representar tanto la visión a futuro del proyecto como su objetivo principal.

Los investigadores principales del Proyecto desarrollaron el plan de investigación en conjunto con los actores locales, con el objetivo común de contribuir a la gestión sustentable de los recursos hídricos en la región, para el bienestar de la comunidad y de los ecosistemas en los años venideros. La investigación se dividió en "paquetes de trabajo", que comprenden:

- Caracterización de la variabilidad climática y tendencias
- Seguridad de agua dulce y sistemas de agua superficial y subterránea (mediciones y modelamiento)
- Caracterización de los modelos mentales de los tomadores de decisión del Sistema Socio-Ecológico (SES) y el uso de pronósticos

- Caracterización de los vínculos de gobernanza en distintos niveles para identificar contextos clave para la toma de decisión y sus participantes
- Caracterización del uso del agua con fines agrícolas y la toma de decisiones por parte de los finqueros - agricultores
- Servicios eco-sistémicos y seguridad de agua dulce: factores de cambio externo e impactos
- Escenarios climáticos
- Seguridad de agua dulce en respuesta a estresores múltiples que interactúan entre sí
- Caracterización de las creencias de los actores de interés en relación a las oportunidades para construir resiliencia a las consecuencias de los escenarios

La investigación fue guiada por el Comité de Gestión (Management Team), coordinado por el investigador principal líder (Tim McDaniels) y el co-investigador principal (Douw Steyn); ambos de la Universidad de British Columbia, además de los investigadores de las instituciones que conforman el consorcio. Fueron apoyados por un Coordinador para la implementación, coordinación, monitoreo y evaluación. El Grupo Consejero de Actores Locales actuó como el principal medio para asegurar que FuturAgua alcance el máximo impacto entre los grupos de actores de interés a través de la retroalimentación para el Comité de Gestión, de modo de asegurar total relevancia para los usuarios finales y a través del apoyo de las actividades de investigación en el campo.



Grupo de trabajo inicial. Investigadores y actores locales reunidos en CATIE, Turrialba. Noviembre de 2012.



Clima, uso del agua y sus impactos sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneos interconectados

Silja Hund

Mark Johnson, Laura Morillas, Douw Steyn

Importante: El modelo se encuentra en calibración, por lo que los resultados definitivos no son los contenidos en este escrito. Las figuras sufrirán modificaciones. No citar este contenido como fuente de información hasta que no estén los resultados oficiales publicados.

Resumen


El objetivo principal de nuestro estudio fue explorar los impactos de los factores combinados del clima y la demanda de agua en los recursos hídricos. Nos enfocamos en las cuencas Potrero-Caimital cerca de Nicoya y monitoreamos el flujo de agua allí durante 2,5 años. Combinamos esta información con los datos de uso de agua subterránea y superficial y, a partir de esto, desarrollamos un modelo hidrológico con el cual exploramos los escenarios de uso del clima y el agua. Nuestros resultados demuestran que los eventos de El Niño y La Niña tienen un impacto significativo en los recursos hídricos disponibles y, más aún, que la gestión eficaz del agua durante los años de El Niño se vuelve aún más prioritaria con una población en crecimiento y el aumento de demanda de agua. Desarrollamos un indicador de recarga de aguas subterráneas que puede ayudar a la toma de decisiones en la gestión del agua con anticipación a las estaciones secas con suministro de agua inferior al normal, destacando la importancia de un enfoque basado en la cuenca, para un manejo eficaz del agua.

A tener en cuenta

- La población en Guanacaste (y, por lo tanto, las demandas de agua) están aumentando, lo que requiere acciones para adaptarse
- El Niño reduce el flujo de agua y la recarga de aguas subterráneas
- La recarga de aguas subterráneas en la estación húmeda proporciona el suministro de agua para la estación seca

Contexto

Guanacaste se caracteriza por una alta variabilidad climática, y las comunidades a menudo enfrentan largas temporadas secas, sequías y escasez de agua. Se necesita una gestión estratégica del agua para adaptarse a un clima cada vez más variable y aumentar las demandas de agua. Sin embargo, las estrategias efectivas de gestión del agua requieren conocimiento sobre la disponibilidad de agua y las respuestas del sistema hidrológico. El monitoreo del flujo de agua y el agua subterránea proporcionan



datos de línea base esenciales para el sistema hidrológico y pueden utilizarse para desarrollar modelos hidrológicos ("cuencas virtuales") que luego pueden usarse para explorar escenarios de uso futuro del clima y el agua. Este conocimiento se puede aplicar para desarrollar estrategias de adaptación.

Métodos

No se han recopilado datos históricos de alta frecuencia para la mayoría de los cursos de agua en Guanacaste. Para abordar esta necesidad, desarrollamos un registrador de datos hidrológicos de bajo costo basado en la tecnología Arduino de código abierto, conocido como Ecohydro Logger (Hund, Johnson y Keddie 2016), y lo usamos para monitorear cinco estaciones en cauces de aguas y tres para monitoreo de agua subterránea en las cuencas Potrero - Caimital, las que proporcionan un importante suministro de agua a muchas comunidades. Las estaciones de monitoreo miden automáticamente los niveles de agua corriente y subterránea cada 10 minutos. Monitoreamos desde marzo de 2014 hasta diciembre de 2016 (la Universidad Nacional de Costa Rica continúa el monitoreo). Realizamos mediciones de flujo de agua para desarrollar curvas que relacionan los niveles de agua y el flujo. También obtuvimos datos de aguas subterráneas de SENARA (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento) y datos históricos de precipitación del IMN (Instituto Meteorológico Nacional). Para comprender mejor la demanda de agua, digitalizamos datos mensuales de uso de agua de la ASADA (Asociación de Administraciones de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados) en Caimital, obtuvimos datos de extracción y uso del agua del AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados) en Nicoya y Hojanca, y se sostuvo reuniones con varios presidentes de ASADA y también se analizó datos de licencias de agua del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). En un siguiente paso, combinamos estos diferentes conjuntos de datos en un modelo hidrológico semi-distribuido utilizando el software informático WEAP (Water Evaluation and Planning Tool). Este software nos permite describir las cuencas Potrero y Caimital como "cuencas virtuales", en las que podemos simular evapotranspiración, escorrentía, infiltración de suelos y procesos de recarga de aguas subterráneas, así como extracciones de agua a diario. Calibramos el modelo de acuerdo a nuestros datos de flujo medidos, y luego aplicamos una variedad de escenarios climáticos basados en el trabajo de Steyn *et al* (2016) con enfoque en los eventos de El Niño y La Niña, combinado con el crecimiento de la población esperado en los próximos 10 años.

Resultados principales

1. Monitoreo Hidrológico

Los resultados de nuestro monitoreo de flujo muestran la respuesta rápida y sorpresiva a la precipitación en las corrientes monitoreadas (Figura 1, 2). Los flujos de alta corriente ocurren a las pocas horas de la lluvia, y estos eventos de corta duración solo pueden capturarse con estaciones de monitoreo automáticas de grabación continua, a diferencia de las mediciones manuales. Si bien los registradores de datos automatizados de bajo costo pueden ayudar a hacer que el monitoreo sea más accesible, el monitoreo hidrológico también tiene muchos desafíos (por ejemplo, daños por tormentas), es intensivo en el tiempo (visitas frecuentes al sitio, mediciones de flujo y mantenimiento de sensores) y

debe planificarse muy bien la red de estaciones (ubicación del sitio, seguridad). Por lo tanto, la expansión de las estaciones de monitoreo requiere de muchos recursos. Sin embargo, proporciona conocimiento importante sobre los suministros de agua disponibles y cómo estos cambian con el tiempo.

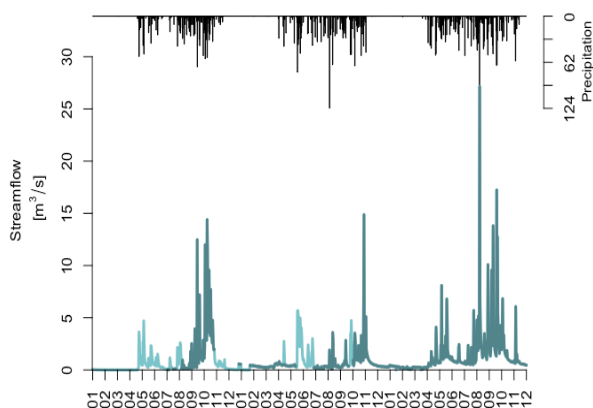


Figura 1: Flujo medido (promedios de 30 minutos, azul oscuro) y datos completados a través del modelo (azul claro) para la estación de monitoreo de la cuenca Potrero en Casitas. Las precipitaciones se midieron en la estación de Eddy Covarianza en la finca La Costeña.

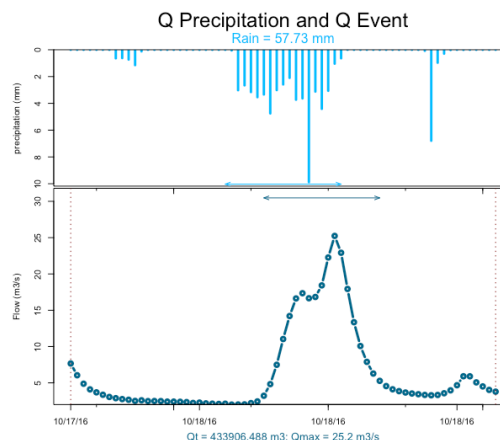



Figura 2: Ejemplo de evento de precipitación y de escorrentía en el río Potrero. La lluvia se muestra como totales de 30 minutos y el flujo como promedio de 30 minutos.

2. El Niño, flujo de agua y recarga de agua subterránea

Las precipitaciones varían mucho en Guanacaste entre diferentes años, y esta variabilidad puede estar relacionada en gran parte con eventos de La Niña y El Niño (Steyn *et al* 2016). Exploramos qué significa esta variabilidad de las precipitaciones para el suministro de agua, ya que esto ayudará a las comunidades a planear con anticipación y prepararse. Nuestros resultados del modelo hidrológico muestran que el flujo de agua y la recarga de agua subterránea son mucho menores en los años de El Niño y que la distribución de la lluvia durante la estación húmeda es importante (cuándo comienza a llover y cuánto). La recarga de aguas subterráneas (es decir, el agua que se infiltra desde el suelo hasta el acuífero) es importante en regiones como Guanacaste, donde la población y los ecosistemas dependen de las aguas subterráneas como su única fuente de agua durante muchos meses. Los procesos de recarga de agua subterránea han ganado interés en la comunidad científica últimamente, y los estudios han demostrado cuán importantes son las temporadas de lluvias de alta intensidad para recargar los acuíferos (Jasechko y Taylor 2015; Taylor *et al* 2012), lo que a su vez significa menos recarga durante los años más secos.

El agua disponible durante cada estación seca es, por lo tanto, principalmente el agua subterránea que se ha recargado en la estación húmeda anterior, lo que puede considerarse el "cubo de



almacenamiento". Esta agua debe manejarse cuidadosamente para que dure hasta el final de la estación seca y, al mismo tiempo, proporciona suficiente agua para los ecosistemas. En algunos años, también debe proporcionar un amortiguador significativo para el uso continuo del agua en caso de que se demore el inicio de la próxima estación húmeda.

Para guiar esta gestión y potencialmente generar respuestas de adaptación a corto plazo en previsión de una estación seca con baja disponibilidad de agua (por ejemplo, menos agua en el "cubo de almacenamiento"), desarrollamos un indicador de recarga de aguas subterráneas para ubicar un año actual dentro del contexto de registros históricos. Una indicación de baja recarga en septiembre / octubre (según la precipitación acumulada medida hasta la fecha) apunta a la necesidad de estrategias inmediatas de conservación de aguas subterráneas. Esto podría incluir el cambio a un mayor uso de agua superficial, -cuando las corrientes aún tienen flujos altos en la estación lluviosa-, además de utilizar la recolección de agua de lluvia, y la implementación de estrategias para reducir el uso general del agua. La estimación de la recarga total de aguas subterráneas para el año se vuelve más segura hacia el final de la estación húmeda, y la cantidad de agua necesaria (es decir, indicaciones bajas o altas) depende de las demandas de agua.

3. Creciente demanda de agua y escenarios futuros

La población y, con ella, la demanda de agua, están creciendo constantemente en la región (por ejemplo, el uso del agua aumentó en 23% y en 34% para Nicoya y Hojancha, respectivamente, entre 2005 y 2016). Nuestro análisis de los patrones de uso del agua también mostró que el uso del agua es mayor en la estación seca que en la estación húmeda (lo que podría conducir a un mayor uso del agua en años más secos).

Exploramos los escenarios de precipitaciones de El Niño y La Niña para el futuro cercano (2021, 2026), considerando que la población probablemente seguirá creciendo. Estos escenarios muestran que, con una población en crecimiento, los suministros de agua se vuelven aún más limitados en los años de El Niño, y justifican un manejo efectivo del agua. Utilizando como indicador la recarga de agua subterránea, observamos que la demanda creciente de agua llevará a que los periodos de baja recarga se transformen en periodos definitivamente críticos, a medida que la demanda aumenta. Por otro lado, las medidas de adaptación a largo plazo podrían reducir estos umbrales. En los próximos pasos, exploraremos los efectos combinados de los escenarios de cambio climático (desarrollados por Iris Grossmann y otros) y el crecimiento de la población en los procesos de flujo de agua y de recarga de aguas subterráneas y estudiaremos posibles estrategias de adaptación.



Aplicación

Nuestros resultados de modelación muestran que el sistema hidrológico responde de manera sensible a los eventos de El Niño y La Niña, y que el flujo de agua y la recarga de agua subterránea son mucho menores durante El Niño. Esto es aún más una preocupación en el futuro, donde la demanda de agua podría aumentar junto con una población en crecimiento. El indicador de recarga de aguas subterráneas que desarrollamos puede ayudar a identificar la necesidad de acciones inmediatas en septiembre / octubre, y desencadenar mayores esfuerzos para reducir el consumo de agua y utilizar diferentes fuentes de agua (lluvia, agua superficial) si la lluvia (y por lo tanto, la recarga de agua subterránea) disminuyen bajo umbrales críticos. Las estrategias de adaptación a largo plazo pueden ser continuas e incluir, por ejemplo, los esfuerzos por reducir los picos de uso de agua en la estación seca, mediante la recolección de lluvias y las aguas superficiales durante la estación húmeda, y el aumento de la recarga de agua subterránea a través de estanques de recarga.

Es importante destacar que un enfoque basado en la cuenca, y que involucra a todos los usuarios del agua es fundamental para el éxito de las estrategias de adaptación, ya que todos los usuarios obtienen el mismo recurso (superficie interconectada y agua subterránea) y las acciones individuales de un usuario afectarán a todos. En un enfoque basado en la cuenca, todos los usuarios trabajan juntos para lograr una gestión eficaz de un recurso limitado para el beneficio de todos.

Otro componente importante de la gestión eficaz del agua es el monitoreo continuo de las corrientes y aguas subterráneas para detectar cambios y mejorar aún más la comprensión de las retroalimentaciones del sistema hidrológico para el cambio climático y el uso del agua.

Mayor información puede ser encontrada en:

- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento

Dinámicas de uso del agua en fincas agrícolas intensivas de la Provincia de Guanacaste, Costa Rica

Laura Morillas

Mark Johnson

Resumen

En este estudio se cuantifican la huella hídrica, así como otros indicadores del uso y la extracción de agua para riego de los tres cultivos más importantes de la Provincia de Guanacaste (caña de azúcar, melón y arroz de secano). Para ello se utilizaron datos obtenidos en dos estaciones experimentales instaladas por el proyecto FuturAgua en dos fincas extensivas de Guanacaste. El consumo de agua diario promedio medido fue de $2.4 \text{ l m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ para el melón, $3.3 \text{ l m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ para el arroz y de $3.5 \text{ l m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ para la caña de azúcar. Dadas las diferencias en la duración del ciclo de cada cultivo, el melón es el cultivo con menor volumen total de agua consumida o huella hídrica (177 l m^{-2}), seguido del arroz (385 l m^{-2}) y la caña de azúcar (1.291 l m^{-2}). En términos anuales la producción alterna de melón y arroz de secano en la cuenca Potrero y Caimital presentó un importante remanente de agua tras el consumo de los cultivos (mayor al volumen de agua anual extraída del acuífero para riego) que queda disponible para recarga del acuífero y/o aportación a ríos cercanos los dos años estudiados. Sin embargo, el análisis del indicador RIS (suministro relativo de riego) para el melón mostró valores por encima de los aconsejables sugiriendo un exceso de riego del melón o la existencia de pérdidas en el sistema de riego por goteo. El monocultivo de caña mostró un volumen menor de agua remanente a escala anual solo en el año de precipitaciones promedio (2016), mientras que en el año muy seco (2015) no hubo excedente y el riego (extraído del río Tempisque y del agua trasvasada del embalse Arenal) fue imprescindible para cubrir los requerimientos hídricos del cultivo (consumo del cultivo = precipitación + riego). Esto demuestra la importancia del agua trasvasada del embalse Arenal a la cuenca del Tempisque y la especial dependencia de la producción agrícola de dicha área a dicho trasvase en años secos.

A tener en cuenta

1. Del agua consumida para la producción de caña de azúcar, el 33% fue agua de riego y el 67% fue agua de lluvia. La totalidad del agua consumida para la producción de melón es agua de riego, mientras que el arroz de secano solo consume agua de lluvia.
2. La producción de caña de azúcar en la cuenca del Tempisque durante años secos depende fuertemente del trasvase de agua desde el embalse Arenal, ya que se produce en condiciones de déficit hídrico local (consumo > precipitación local) por lo que es importante asegurar dicho trasvase para salvaguardar la producción agrícola de esa área de Guanacaste.

3. La producción de melón y arroz en la cuenca Potrero y Caimital presenta una vulnerabilidad baja a un potencial incremento de las sequías ya que incluso en años secos (como el 2015), la precipitación es considerablemente mayor al consumo de los cultivos de la finca, lo que demuestra la viabilidad de acciones de adaptación asociadas a la recolección de agua de lluvia si fuera necesario reducir la extracción de agua para riego.
4. En Guanacaste existen cultivos de arroz de inundación no estudiados, cuya huella hídrica es notablemente mayor que la del arroz de secano incluido en este estudio.

Contexto

Tanto la población como los diferentes sectores productivos de Guanacaste se ven expuestos anualmente a una sequía estacional típica de la región. Esta sequía se intensifica algunos años por diversos mecanismos climáticos, entre ellos el fenómeno de El Niño. Proyecciones de cambio climático basadas en escenarios futuros de emisiones de CO₂ predicen una reducción de las precipitaciones (del 5% al 10% como máximo), y una prevalencia en la intensificación de las sequías para el norte de Centroamérica (Hidalgo *et al*, 2013).

En este contexto se desarrolla la agricultura guanacasteca, siendo uno de los sectores productivos que más consume y depende de los recursos hídricos a nivel global. En la actualidad la agricultura intensiva y el turismo son los dos pilares principales de la economía de Guanacaste tras el declive de la ganadería (de Camino Velozo *et al*, 2016). Con base en el último Censo Agropecuario Nacional (2014), la caña de azúcar es el cultivo que mayor extensión productiva ocupa en Guanacaste, seguido del arroz, la naranja y el melón, siendo este último el que mayor crecimiento ha tenido en los últimos 30 años.

Métodos

En la última década, la huella hídrica (HH) ha sido propuesta como un indicador de la apropiación de agua asociada a los cultivos, y se define como el volumen total de agua (expresado en mm, l m⁻² o m³ m⁻²) utilizado por el cultivo (evapotranspiración) desde su siembra hasta su cosecha (Hoekstra *et al*, 2011). La huella hídrica se compone a su vez de dos componentes: la huella hídrica azul (HH_{azul}) o volumen de agua extraída de ríos o acuíferos para el riego del cultivo, y la huella hídrica verde (HH_{verde}), o agua de lluvia consumida por el cultivo. El proyecto FuturAgua instaló dos estaciones de monitoreo en julio de 2014; la primera fue una finca de monocultivo de caña de azúcar de unas 10.000 hectáreas ubicada en la cuenca del río Tempisque, y la segunda fue una finca de unas 200, donde se cultiva por rotación melón (época seca) y arroz (época lluviosa), ubicada entre las cuencas de río Potrero y del río Caimital. Se utilizó el sistema Eddy Covarianza, que permite la correcta medición de la evapotranspiración de un cultivo (u otros ecosistemas) cada 30 minutos. Para la evaluación del riego, se usó el índice RIS o *suministro relativo de riego* (Levine, 1982) que indica la relación entre el volumen de agua de riego y la demanda real de agua del cultivo.

Resultados principales

En el caso de la finca de estudio, el agua para riego se obtiene del acuífero Potrero y Caimital. El melón se planta por lotes de forma escalonada en las fincas desde diciembre a mayo. Tras el fin de la cosecha del melón, generalmente a mediados de abril, el terreno es arado quedando sin cubierta vegetal, hasta la siembra del arroz a finales de junio o principios de julio. El periodo de desarrollo del melón suele durar unos 75 días y el del arroz unos 115 días dependiendo de las condiciones meteorológicas.

La caña de azúcar por su parte, es un monocultivo cosechado de forma anual; su riego suele ser mayoritariamente en la época seca para asegurar la supervivencia del cultivo hasta la llegada de las lluvias. En la finca de estudio, el riego mayoritario es riego por gravedad y parte del agua extraída procede del propio caudal del río Tempisque, y otra parte procede del trasvase del Embalse Arenal.

La Figura 1 y la Tabla 1 muestran la huella hídrica de los tres principales cultivos de la región: caña, arroz de secano y melón, estimados en 2015 y 2016, a partir de las mediciones obtenidas en las dos estaciones de monitoreo de este estudio.

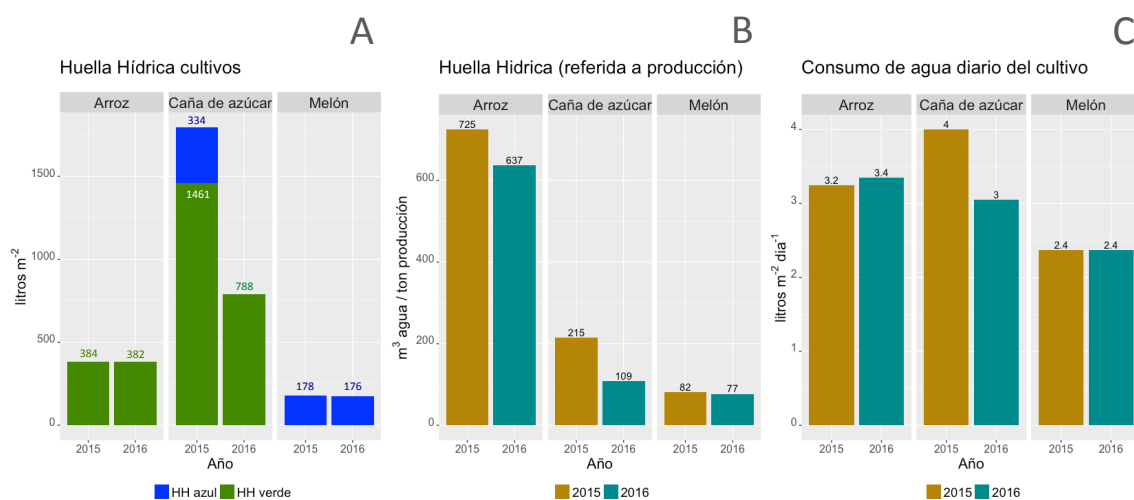


Figura 1. A) Huella Hídrica (azul y verde) en mm de cada cultivo en los dos años de estudio. B) Huella Hídrica de Cultivo (CHH) en m³ de agua por tonelada de producción por cultivo y año de estudio. C) Consumo diario promedio de agua por cultivo y año de estudio.


Tabla 1. Indicadores del uso del agua medidos en estaciones de monitoreo para cada cultivo (*na* para variables que no aplican, - indica no disponible por falta de datos). Los valores reportados para la caña en 2015 corresponden al cultivo diciembre 2014-diciembre 2015 mientras que los valores reportados para la caña en 2016 corresponden al cultivo mayo 2016-enero 2017.

	Unidades	Melón		Arroz		Caña de azúcar	
		2015	2016	2015	2016	2015	2016
Producción	ton ha ⁻¹	21.6	22.9	5.3	6.0	67.9	72.4
Precipitación*	mm	1	1	1084	1337	1127	1467
HH_{azul}	l m ⁻²	178	176	0	0	334	0
HH_{verde}	l m ⁻²	0	0	384	382	1461	788
HH	l m ⁻²	178	176	384	382	1795	788
CHH	m ³ ton ⁻¹	82	77	725	637	215	109
ET diaria promedio	l m ⁻²	2.4	2.4	3.3	3.3	4.0	3.1
WA_{riego}	l m ⁻²	268	268	0	0	334	0
WA_{suelo}	l m ⁻²	10.77	10.77	0	0	0	0
WA_{pack}	l m ⁻²	1.49	1.49	0	0	0	0
WA_{azul}	l m ⁻²	281	281	0	0	334	0
CWA_{azul}	m ³ ton ⁻¹	130	123	0	0	49	0
RIS	na	1.52	1.54	na	na	1.0	na

*Precipitación en esta tabla está referida a precipitación total por periodo de cultivo.

La caña de azúcar es el cultivo con mayor huella hídrica o consumo total de agua. Opuestamente, el melón es de los tres cultivos el que supone un consumo total menor de agua, aunque dicho consumo es íntegramente agua de riego extraída del acuífero (solo HH_{azul}). Si observamos el consumo medio diario de agua de los tres cultivos vemos cómo la caña de azúcar no consume mucha más agua diariamente que el arroz, y por lo tanto su elevada HH está en gran medida causada por ser un cultivo mucho más largo. El consumo diario medio del melón es considerablemente menor que para los otros dos cultivos, lo cual, considerando que el melón se desarrolla íntegramente en la época seca (periodo de mayor temperatura y mayor demanda atmosférica de agua), se atribuye a la eficacia del método de riego por goteo empleado, que reduce el área de aplicación a la zona radicular minimizando las pérdidas por evaporación del suelo.

La producción de una tonelada de arroz es la que mayor costo hídrico supone (681 m³ agua en promedio) en la región, mucho más que una tonelada de caña o melón, siendo esta última la menos costosa (79 m³ agua en promedio), aunque el arroz de secano usa únicamente agua de lluvia. Sin embargo, si consideramos como medida de producción de la caña el azúcar en vez de su biomasa, asumiendo una producción promedio de 100kg azúcar/tonelada de caña, la producción de una tonelada de azúcar es la más costosa, con un consumo de 1.620 m³ de agua por tonelada. Si nos enfocamos en el agua extraída para la producción (WA_{azul} en Tabla 3), la caña de azúcar fue el cultivo que requirió la extracción de un mayor volumen de agua para el riego en época seca, aunque solo el 33% del agua total consumida por el cultivo es agua de riego. Sin embargo, en el caso del melón, aunque el volumen total de agua extraída anualmente es algo menor, el volumen total de agua extraída para el melón excede (en un 50%) el volumen de agua total requerido por el cultivo.



En la Figura 2 se muestra el balance hídrico anual de cada finca agrícola para los dos años completos de estudio en términos de consumo frente a insumos. 2015 fue muy seco debido a la fuerte sequía desencadenada por el fenómeno de El Niño 2014-2016 (que terminó a principios de 2016), mientras que 2016 tuvo una estación de lluvias abundante siendo considerado un año de condiciones hídricas promedio. Se observa como en la finca de melón y arroz de la cuenca del río Potrero, el consumo de agua anual es muy inferior a los insumos de agua e incluso no alcanzó el 50 % de la precipitación. Esto repercute en la hidrología local, ya que dicha agua será parcialmente acumulada en el perfil de suelo, pero también vertida al río Potrero, y muy probablemente recargada al acuífero Potrero-Caimital, por lo que la finca actúa como una fuente de agua y no como un sumidero. Esta situación positiva del balance hídrico, también muestra un grado bajo de vulnerabilidad del cultivo de melón y arroz a la sequía o su intensificación (al menos en las condiciones de disponibilidad hídrica de las cuencas Potrero y Caimital), ya que incluso en el año muy seco 2015, la precipitación fue considerablemente mayor al consumo de la finca.

La situación de cultivo de la caña en la cuenca del río Tempisque muestra el gran déficit hídrico en el que la caña fue producida (consumo > precipitación) en el año seco 2015 (Fig. 2). En un año tan seco como este, la producción de la caña en esta región dependió fuertemente del agua trasvasada desde el Arenal a la cuenca del Tempisque sin la cual probablemente se hubieran producido pérdidas en la producción. En 2016 la situación productiva de la caña fue más sostenible; los insumos fueron mayores que el consumo del cultivo (27% de agua excedente), y al menos una parte del agua de lluvia quedó disponible para ser devuelta al Tempisque o percolada al subsuelo. Esto demuestra la importancia y valía del trasvase del embalse Arenal a la cuenca del Tempisque, pero también la dependencia de la producción agrícola de dicha área a dicho trasvase en años secos.

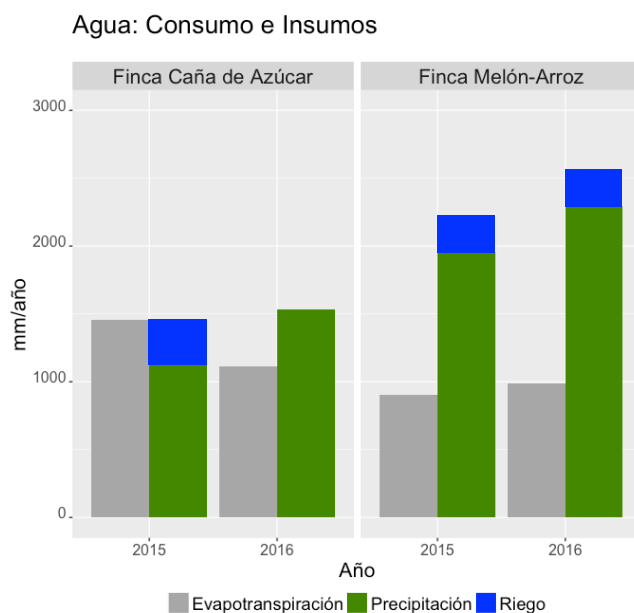


Figura 2. Comparación de consumo e insumos de agua anual en los cultivos estudiados. Como insumos se considera la precipitación anual medida en el área (verde) y el agua empleada para riego (azul) al año. Como consumo se considera la evapotranspiración (gris) anual del área de cultivo (incluyendo los periodos entre cultivos).

Aplicación

A pesar de que ciertas variaciones con respecto a los resultados de este estudio pueden darse dependiendo del microclima de diferentes áreas productivas de la región, estos resultados suponen la primera cuantificación fiable de los volúmenes de agua utilizados y extraídos para riego en producción intensiva de los tres cultivos estudiados en dos importantes regiones productivas de la provincia guanacasteca. Además, se presentan datos de dos años con condiciones muy distintas (sequía intensa y condiciones promedio, como fueron 2015 y 2016 respectivamente). Se incluye también una caracterización fiable y representativa de las prácticas de riego y manejo del agua en fincas intensivas de caña y melón/arroz en Guanacaste. Esperamos que esta información sea empleada para apoyar la toma de decisiones y planes de manejo a nivel municipal y regional. Gracias a la financiación de un nuevo proyecto enfocado en agricultura regional, las estaciones de monitoreo serán mantenidas hasta 2020, lo que hará posible un análisis más robusto de la variación interanual de los indicadores de uso del agua expuestos en este trabajo en relación a la variabilidad climática del periodo 2015-2020.

Información sobre estudios relacionados puede ser encontrada en:

- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento

Variabilidad de patrones anuales de precipitación

Douw Steyn

Nadya Moisseeva, Ofir Harari, William J. Welch

Resumen

En este análisis de variabilidad espacial y temporal de lluvia en la península de Nicoya, hemos encontrado que el ciclo anual de precipitaciones puede ser efectivamente y simplemente modelado por una función doble Gaussiana usando los totales mensuales de lluvias. La fuerte variabilidad temporal, a escala menor a dos semanas, hace muy difícil poder decir cualquier cosa coherente sobre periodos más cortos de totales de lluvias. Hay una fuerte variabilidad interanual evidente en los datos, presuntamente conducidos por variaciones pluviales de los mecanismos forzantes inherentes a la atmósfera tropical en la región en estudio. Un análisis Bayesiano robusto confirma lo apropiado del modelo de doble Gaussiana, aplicado a la serie de 38 años de datos. El análisis Bayesiano muestra evidencia fuerte del efecto anual negativo y altamente significativo que tiene ONI (Índice Oceánico de El Niño, por sus siglas en inglés) sobre las lluvias.

A tener en cuenta

- La fuerte variabilidad temporal de las lluvias hace muy difícil los análisis a una escala menor a dos semanas.
- Un modelo doble Gaussiano reproduce la distribución bimodal mensual de las lluvias en la península de Nicoya con un alto nivel de precisión, y es lo suficientemente flexible para capturar eficazmente la variabilidad interanual y estacional.
- Las precipitaciones son correlacionadas con el índice anual ONI: los episodios positivos ENSO (índice ONI anual positivo, o sea temperatura de la superficie océano más alta que la normal)

Contexto

La provincia de Guanacaste en Costa Rica experimenta un clima tropical húmedo-seco con una estación extremadamente seca desde setiembre a mayo. Las tendencias de largo plazo (décadas múltiples) de las lluvias provocadas por el cambio climático serán importantes para los administradores del agua en la región, y deberá ser bien comprendida la intervariabilidad anual de la estación húmeda y seca, así como la sequía de medio verano, ya que la gestión del agua está siendo manejada por la variabilidad sobre una escala estacional. Analizamos datos de precipitaciones de 38 años en cinco estaciones meteorológicas de la Península de Nicoya para descubrir la variabilidad temporal de las precipitaciones y la consecuente disponibilidad de agua y su uso sustentable.

Métodos

Se obtuvieron las secuencias más largas posibles de datos de lluvias como totales diarios de las estaciones de Nicoya, Paquera, Garza, La Guinea y Liberia (ver la Figura 1 sobre la localización de las estaciones), desde el Instituto Meteorológico Nacional MN. Los datos faltantes fueron completados, cuando esto fue posible.

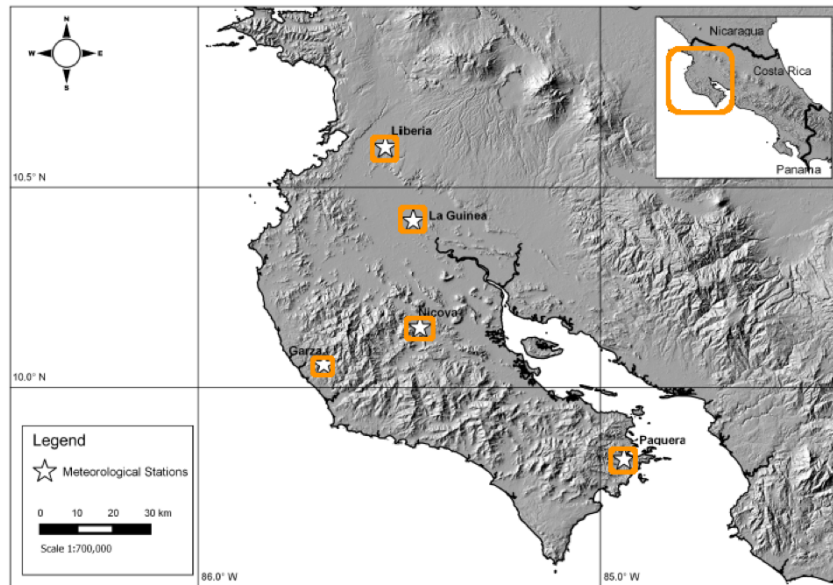


Figura 1 Mapa de ubicación del estudio de FuturAgua mostrando la topografía y las cinco estaciones meteorológicas.

Los montos de precipitaciones solo se correlacionaron débilmente en forma semanal entre las estaciones entre estas escalas de tiempo de corto plazo, en tanto que los montos totales mensuales mostraron una alta correlación. Dado esto, construimos series temporales de precipitación regional tomando los promedios de los montos totales mensuales completados en las estaciones en que los datos estaban disponibles.

Una aproximación Monte Carlo de cadenas de Markov se usó para implementar el modelo doble Gaussiano. Como este enfoque utiliza datos de todos los años, la variabilidad interanual fue abordada a través de la inclusión del Índice Oceánico de El Niño (ONI). El modelo ajustado se basó en datos promedio entre 1980 y 2006 en tres estaciones (Nicoya, Liberia y La Guinea), que fueron las que tenían los registros históricos continuos más largos.

Con el objetivo de investigar el total de precipitaciones de los últimos 5 años, nos enfocamos en los datos del IMN de la estación Extensión Agrícola Nicoya, para los años 2010 a 2015.

Resultados principales

Los patrones de precipitaciones anuales son efectivamente los mismos para ambas fases de ENSO, pero que las lluvias totales durante los años de ENSO negativo son sustancialmente mayores y que, la diferencia es particularmente larga para la pluviosidad máxima. Un análisis de tendencia temporal simple revela una significativa tendencia ascendente en la pluviosidad máxima de la intensidad de las lluvias del segundo *peak* (pico) Gaussiano mostrado en la Figura 2. La preponderancia de los puntos positivo/negativo de ENSO abajo/arriba de la línea de la tendencia lineal, refleja la dependencia de ENSO vista en la Figura 2. Una investigación de tendencias en cada categoría de ENSO revela una tendencia similar ascendente en la pluviosidad máxima para los años de ENSO negativos, pero no para los años de ENSO positivos.

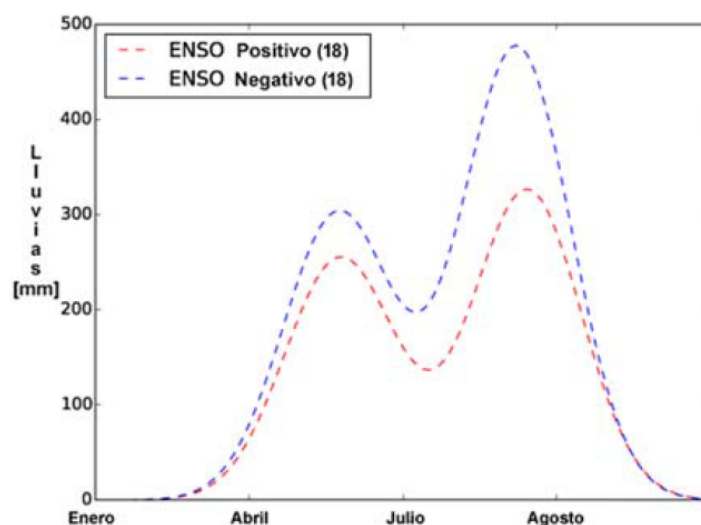


Figura 2. Modelo ajustado Doble Gaussiano para promedios compuestos de lluvias mensuales para fases de ENSO positivo y negativo.

En los años 2010 y 2011, Nicoya tuvo más lluvia que el porcentaje anual de 40 años, y que el exceso ocurrido en lluvias tempranas y tardías. El 2012 tuvo un poco menos que el promedio, principalmente porque la sequía de medio verano fue particularmente seca, y porque el 2013, 2014 y 2015 fueron sustancialmente más secos que el promedio, principalmente porque las lluvias tempranas fueron muy débiles. Es mucho más probable que esta reciente escasez de las lluvias tempranas haya dejado la impresión de que las precipitaciones han disminuido. Solamente el tiempo dirá si esto es parte de una tendencia más larga, o parte del efecto de ENSO en el año particular de El Niño de 2015.



Aplicación

La Figura 2 provee una panorámica del ciclo anual de precipitaciones, y puede ser utilizada como base para aplicaciones de modelación y evaluación. Se ha realizado más trabajo en el proyecto FuturAgua, con un análisis de clima futuro enmarcado en modelos climáticos globales.

Nuestros hallazgos permiten un enfoque probabilístico para la predicción de las lluvias que podría probar ser útil. El pronóstico y magnitud de ONI obtenidos por los esfuerzos internacionales existentes, junto con nuestra modelación de la fuerza del efecto ENSO sobre la caída máxima de lluvia podría ser usado para estimar el máximo posible de caída de lluvia en unos meses futuros. Debemos enfatizar que este estimado es estadístico, el cual ignora la influencia de factores conocidos adicionales sobre la variabilidad interanual de las precipitaciones. En el mejor escenario, estos estimados podrían ser la base para algunas (inciertas) elecciones sobre decisiones a ser tomadas por los productores y relacionadas con la plantación y la ganadería, así como sobre la distribución del recurso hídrico, por parte de las agencias que lo gestionan. La relación entre las lluvias y la disponibilidad del agua en la región estudiada es condicionada por detalles del balance hidrológico, los cuales involucran las precipitaciones, como entrada, y la evapotranspiración, el almacenamiento y la esorrentía, como salida.

Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- Temporal and Spatial Variability of Annual Rainfall Patterns in Guanacaste, Costa Rica, disponible en: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/facultyresearchandpublications/52383/items/1.0340318>
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento



Caracterización de patrones estacionales de precipitación y los impactos del cambio climático en estos patrones.

Bandar S. AlMutairi

Iris Grossmann, Mitchell J. Small

Resumen


Dadas las diferencias entre proyecciones de modelos climáticos de precipitación, este estudio desarrolla un enfoque estadístico para caracterizar de mejor modo los patrones estacionales de precipitación y para evaluar el impacto potencial del cambio climático en estos patrones. El método es aplicado para evaluar los patrones estacionales bimodales de precipitación en el noroeste de Costa Rica como caso de estudio. Una mezcla de modelos Gaussianos se utiliza para describir el patrón bimodal y cuantificar los cambios en los ciclos de las precipitaciones estacionales proyectados por los “Modelos de Circulación General Pareada (CGCMs)”. Se encontró que las proyecciones climáticas son inciertas en señal de magnitud, especialmente para el inicio y término de la estación. El método propuesto provee de a) una caracterización general de la certeza de las proyecciones de los modelos climáticos y b) la posibilidad de desarrollar comparaciones detalladas entre modelos climáticos sobre una serie de simulaciones y proyecciones.

A tener en cuenta

- La incerteza de las proyecciones climáticas puede llevar a malinterpretaciones que pueden afectar la regulación y la toma de decisiones para la planificación
- Los modelos de proyección climática permanecen inciertos para la escala regional, particularmente para precipitaciones
- Se necesitan métodos para describir las proyecciones inciertas de los patrones bimodales del ciclo estacional de precipitación y para cuantificar los cambios en estos ciclos

Contexto

El aumento de la escasez de agua debido a la creciente demanda y los cambios en el clima y el uso de la tierra se espera que ejerzan una presión significativa sobre los recursos hídricos en muchas partes del mundo. Guanacaste es la parte noroeste de Costa Rica que está anticipando el cambio climático con una probabilidad de disminución de la precipitación, e incidencia creciente de condiciones climáticas extremas. Predecir cambios en las características del ciclo estacional de precipitación proporciona la




oportunidad de asegurar la confiabilidad y sostenibilidad del sistema de recursos hídricos y ayudar a las partes locales interesadas (o agricultores) a manejar su producción de subsistencia, así como a los encargados de tomar decisiones para manejar el clima y el agua. No obstante, las notables mejoras en la parametrización del modelo climático, las proyecciones de precipitación son aún inciertas. La incertidumbre en las proyecciones aumenta la posibilidad de tener interpretaciones erróneas y decisiones menos informadas. Se necesitan métodos estadísticos para ayudar a caracterizar la incertidumbre en los modelos climáticos, así como para cuantificar los cambios proyectados en el patrón bimodal del ciclo estacional de precipitación.

Métodos

En esta investigación se desarrolla un método estadístico para caracterizar posibles cambios en el ciclo bimodal de la precipitación estacional. El método propuesto se basa en un modelo de mezcla Gaussiana (GM) que se aplica tanto a las observaciones actuales como a las proyecciones climáticas. El estudio desarrolla una nueva métrica para medir y comparar el grado de bimodalidad en el ciclo de precipitación estacional. También se utilizan otras tres métricas para evaluar el desempeño de estos modelos sobre Costa Rica con respecto a la precipitación observada durante el período 1979-2005. A continuación, se utilizan las proyecciones a escala reducida de los modelos con mejores resultados para un escenario de altas emisiones (la ruta de concentración representativa RCP8.5), para cuantificar los cambios futuros del ciclo estacional en la región (9,5-11 N y 85-86 W) hacia el noroeste de Costa Rica. Los futuros cambios proyectados a finales del siglo XXI se caracterizan en términos de nueve características del patrón estacional bimodal, la precipitación media estacional y la variabilidad interanual.

Resultados principales

El estudio concluye que todos los modelos seleccionados (excepto MPI-ESM-MR) coinciden en una intensificación de la precipitación media estacional de la sequía de verano. Se ha observado un grado de incertidumbre en la proyección del inicio de la sequía de pleno verano, ya que tres modelos sólo predicen un inicio de sequía más tarde en verano, mientras que otros modelos proyectan un comienzo más temprano. Las futuras proyecciones de precipitación de las etapas temprana y tardía de la estación húmeda resultan ser más inciertas que las proyecciones de precipitación de la sequía de verano. Además, se prevé que la variabilidad interanual de las precipitaciones estacionales aumentará tanto en la estación húmeda temprana como en la sequía de verano y disminuirá en el final de la temporada húmeda. A pesar de la alta incertidumbre en todas estas proyecciones, el enfoque estadístico propuesto de un modelo Gaussian Mixture (GM) indica: a) una habilidad adecuada para caracterizar la incertidumbre asociada con las proyecciones del modelo climático, b) una oportunidad para obtener



más información del ciclo estacional de precipitación, y c) la posibilidad de realizar pruebas de comparación detalladas entre modelos climáticos sobre un conjunto de simulaciones y proyecciones.

Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- AlMutairi, B. S., Grossmann, I., & Small, M. J. (2016). Statistical Gaussian Mixture Approach to Characterize Uncertainty in Bimodal Rainfall Cycle Projections. Enviado para publicación (International Journal of Climatology)
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento



Escenarios de cambios de precipitaciones futuras en el noroeste de Costa Rica, utilizando evaluación experta y proyecciones de modelos

Iris Grossmann

Resumen


Este estudio desarrolló escenarios de futuros cambios de precipitación en el noroeste de Costa Rica, basados en resultados de modelos climáticos y una detallada investigación de expertos. La consulta de expertos evaluó sistemáticamente deficiencias e incertidumbres en las proyecciones de modelos disponibles para cambios en el patrón de precipitación estacional de la región. La investigación indica incertidumbres considerables sobre si la sequía de mediados de verano se intensificará en un mundo en calentamiento o si la temporada de lluvias en el noroeste de Costa Rica se convertirá en más húmeda - incluyendo durante la sequía de mediados de verano- similar a lo que se espera para las regiones tropicales adyacentes al noroeste de Costa Rica. La investigación también indica que la lluvia durante la primera parte de la temporada puede retrasarse y ser más débil en un mundo más cálido.

A tener en cuenta

- Tanto los modelos globales como regionales tienen deficiencias significativas al proyectar cambios regionales de precipitación, en particular para una región como el noroeste de Costa Rica cuyo clima depende principalmente de los patrones de circulación en toda la región
- La investigación indica incertidumbres considerables sobre si la sequía de mediados de verano se intensificará en un mundo en calentamiento o si la temporada de lluvias en el noroeste de Costa Rica se convertirá en general más húmeda; además, la precipitación durante la primera parte de la temporada puede retrasarse o ser más débil (o puede no sufrir cambios notables)

Contexto

Los modelos globales de circulación general no pueden proporcionar la información climática regional detallada y precisa requerida por las partes interesadas para los esfuerzos de adaptación al clima, dada su limitada capacidad para abordar la topografía regional y los cambios en la temperatura de la superficie del mar local, el viento y los patrones de circulación. Métodos para abordar estas deficiencias incluyen modelos climáticos regionales con resultados de modelos globales ("*downscaling* dinámico"), enfoques de reducción de escala estadística que ajustan el resultado del modelo global de acuerdo con los patrones regionales y consultas de expertos. Se ha realizado un estudio del modelo regional con el modelo PRECIS conducido por dos modelos climáticos globales diferentes para el Caribe, incluido el noroeste de Costa Rica. Sin embargo, los modelos regionales pueden tener una aplicabilidad limitada en



una región como el noroeste de Costa Rica cuyo clima depende principalmente de los patrones de circulación en toda la región, que a su vez son determinados por cambios en las cuencas adyacentes del Atlántico tropical y del Pacífico oriental. Por ejemplo, las diferencias en los cambios en los océanos tropicales a través de los modelos climáticos globales dan lugar a diferencias en el signo de los cambios estacionales previstos en Costa Rica, con algunos modelos proyectando un aumento y otros una disminución. Además, sólo 9 de los 22 modelos del Proyecto de Intercomparación del quinto modelo climático simulan correctamente un patrón de precipitación de dos picos para la región. La consulta de expertos buscaba evaluar sistemáticamente tales deficiencias e incertidumbres en las proyecciones de modelos disponibles de cambios en el patrón de precipitación estacional de la región.

Métodos


Esta metodología amplió un enfoque de consulta desarrollado previamente en la Universidad Carnegie Mellon. Se pidió a expertos en el clima de la región de estudio o del clima centroamericano evaluar los mecanismos que determinaban la precipitación durante cada parte de la estación para explicar la incertidumbre sobre el funcionamiento y el papel de estos mecanismos.

La región del estudio tiene un clima seco-húmedo tropical con una estación húmeda de doble-pico. Durante la estación seca, las montañas centrales de Costa Rica impiden que la humedad atlántica tropical llegue a la región. La mayor parte de la precipitación anual se recibe después de la migración hacia el norte de la zona de convergencia intertropical en mayo, que permite a la región beneficiarse del flujo suroriental húmedo del Pacífico tropical. La estación húmeda comienza con un período corto de "lluvias tempranas" y es interrumpida por la sequía de mediados de verano asociada con la intensificación y expansión hacia el oeste del altiplano subtropical del Atlántico Norte y una intensificación del "Jet de Bajo Nivel del Caribe (CLL³)" en julio y agosto. Dentro del CLLJ están los vientos de levante, que son los vientos de bajo nivel asociados con interrupciones en el terreno montañoso de Costa Rica.

Para la consulta, se distinguieron cuatro momentos de la estación: las primeras lluvias, la sequía de mediados de verano, la principal estación húmeda y la estación seca. Luego se les pidió que explicaran sus expectativas sobre cómo cada mecanismo puede cambiar en un clima de calentamiento y cómo esto afectaría a cada momento de la temporada. Junto con esta pregunta, se les pidió que evaluaran críticamente la capacidad de los modelos climáticos actuales para reproducir estos procesos y cambios y para señalar dónde los modelos pueden estar fallando. Finalmente, trabajé con cada entrevistado para resumir las posibilidades discutidas en escenarios alternativos de cambios futuros.

Para traducir los escenarios en descripciones cuantitativas, se modificaron los datos de lluvia de las estaciones de la región con los patrones cualitativos descritos. Siempre que fue posible, se identificaron modelos climáticos que simulaban patrones similares para ayudar a ajustar los cambios de patrones;

³ Caribbean Low Level Jet



además, las respuestas del patrón de lluvia a la Oscilación del Sur de El Niño (ENSO) también se usaron para los ajustes de escala.

Resultados principales

Curiosamente, mientras que las consultas de expertos a menudo buscan obtener rangos proyectados, así como intervalos de confianza y estimación óptima, en este caso los expertos entrevistados afirmaron que las incertidumbres climáticas en la región del estudio son demasiado altas para permitir estimar rangos de cambio. Hubo acuerdo general de que estas incertidumbres se ven acentuadas por la ubicación de la región en la transición entre los trópicos húmedos y los subtropicales más secos, la necesidad de distinguir correctamente entre el clima del Pacífico centroamericano y el clima centroamericano del Caribe y el importante papel desempeñado por los vientos de levante. Estos vientos pueden actuar para bloquear la entrada de humedad desde el Pacífico. Actualmente no son simulados por modelos globales.

Las proyecciones en modelos para el siglo XXI indican un alargamiento e intensificación de la sequía de mediados de verano y un debilitamiento de las primeras lluvias sobre las que sustentan las prácticas actuales de cultivo. La intensificación de la sequía de mediados de verano parece estar impulsada por un aumento del gradiente de temperatura de la superficie del mar entre el Pacífico tropical y el Atlántico - específicamente, se espera que el Pacífico tropical se caliente más que el Atlántico tropical. Este gradiente térmico determina la fuerza de los vientos del este y por lo tanto la sequedad en la región. Los cambios en este gradiente varían ampliamente entre modelos, y los expertos señalaron esto como una incertidumbre crítica para las proyecciones de cambios en la sequía de mediados de verano. Los modelos también no resuelven adecuadamente la transición entre los trópicos -que se espera que se hagan más húmedos en un clima de calentamiento- y la región más seca al norte, que se espera que se vuelva más seca. El noroeste de Costa Rica podría, de hecho, estar en la zona del "futuro húmedo", aunque los modelos tienden a simularlo como parte de la zona del "futuro más seco". Otra incertidumbre crítica es que el inicio de la convección en primavera no se refleja bien. Las primeras lluvias podrían retrasarse y debilitarse, posiblemente dando lugar a un patrón de casi un *peack* (pico) único.

El panorama general se puede agrupar en tres tipos de escenarios de presentación futura. El primer tipo, que comprende dos alternativas, sigue el cambio de patrón favorecido por los modelos climáticos actuales. Se observa una intensificación y un alargamiento de la sequía de mediados de verano, ya sea con un total de precipitación total reducido, o con un total similar (esto sería debido a un ligero humedecimiento del resto de la temporada). El segundo escenario supone que el noroeste de Costa Rica se encuentra dentro de la región que se convertirá en más húmedo en un mundo de calentamiento, debido a la convección mejorada. El tercer escenario describe dos variaciones de un retraso y un debilitamiento de las primeras lluvias, combinadas con otros cambios significativos o combinadas con la profundización de la sequía de mediados de verano que es proyectada por la mayoría de los modelos actuales.



Aplicación

Esperamos utilizar los escenarios como insumo para el modelo hidrológico que los investigadores de la Universidad de Columbia Británica han construido. Además, los escenarios podrían utilizarse para analizar los impactos de los ecosistemas o estrategias de manejo alternativas para el manejo del agua de la región o para la agricultura.

Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- Grossmann, I. and AlMutairi, B. Scenarios of future precipitation changes in Northwest Costa Rica using expert assessment and model projections (a ser publicado en Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change -journal)
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento



Percepciones sobre el sistema hídrico y respuestas a la sequía

Matthew Babcock

Gabrielle Wong-Parodi, Mitchell Small, Iris Grossmann

Resumen

Encontramos que mientras la mayoría de los grupos comparten la percepción de que El Niño y el cambio climático son factores importantes que influyen en el sistema hídrico, y que adicionalmente es necesario generar conciencia ambiental, ellos difieren sobre el nivel de entendimiento del sistema, en el uso de pronósticos formales, y en el uso de estrategias de gestión hídrica de largo plazo. También encontramos que los productores grandes, las agencias de gobierno y los administradores de plantas hidroeléctricas comparten percepciones similares mientras que otros grupos, como los pequeños productores y las ASADAS, tienen opiniones más diversas. Estos últimos también manifestaron una desconfianza de los pronósticos climáticos formales debido a su baja resolución espacial. Nuestros resultados podrían contribuir en el diseño de comunicaciones de pronósticos, así como en señalar áreas donde un trabajo de conexión y de traducción entre grupos, podría ser beneficioso.

A tener en cuenta

- A través de entrevistas sobre modelos mentales aprendimos sobre las percepciones de los actores y el uso de pronósticos climáticos
- Encontramos que en cuanto a sus percepciones los actores en la región podrían ser clasificados en dos tipos: Tipo I (pequeños productores, ASADAS, pequeños negocios turísticos y público general) y Tipo II (agencias de gobierno, grandes productores y administradores de plantas hidroeléctricas)
- Los Tipos I y II fueron similares en sus percepciones sobre la importancia del cambio climático, El Niño y la concienciación ambiental comunitarias
- Los Tipos I y II difieren en su nivel de comprensión de la complejidad del sistema hídrico, su uso y confianza en los pronósticos y los proveedores de esos pronósticos, así como sus respuestas a las sequías

Contexto

Los pronósticos climáticos formales pueden ayudar a diferentes grupos a tomar decisiones informadas sobre el manejo del agua dulce, pero se ha comprobado que muchos no aprovechan esta información. Gran parte de la comprensión de las barreras al uso de los pronósticos formales por parte de las partes interesadas en diferentes componentes del sector del agua incluye la comprensión de las percepciones sobre el sistema hídrico, las acciones que pueden tomar para mitigar la sequía y sus actitudes hacia los pronósticos y los grupos que los suministran. Con el fin de comprender mejor estas percepciones, se

realizaron 40 entrevistas semi-estructuradas sobre modelos mentales con miembros de diferentes grupos (gobierno, fincas, granjas pequeñas, generadores hidroeléctricos, pequeñas empresas turísticas, ASADAs y público general).

Métodos

Usamos una metodología de modelos mentales para estudiar las percepciones de diferentes grupos de actores (Morgan *et al* 2002, Klima *et al* 2012, Hansen *et al* 2004). Primero desarrollamos un protocolo de entrevista semi-estructurada para capturar amplia y abiertamente las percepciones de los participantes.

Las entrevistas fueron estructuradas en cuatro secciones principales: 1) preguntas abiertas sobre el sistema hídrico y respuesta a las sequías; 2) preguntas abiertas sobre qué información usan los tomadores de decisión sobre el agua; de dónde obtienen la información, y qué piensan al respecto; 3) preguntas específicas sobre los pronósticos y el cambio climático; y 4) preguntas cerradas sobre demografía. Un total de 40 participantes fueron entrevistados, de 7 diferentes grupos de actores. Los participantes pertenecían a áreas dentro de la Provincia de Guanacaste, y las entrevistas se realizaron entre junio y julio de 2014.


Resultados principales

Basado en nuestro análisis, dividimos a los grupos de actores en dos grandes categorías: Tipo I y Tipo II. Los grupos de Tipo I son los pequeños productores, las ASADAs, los pequeños negocios turísticos y el público general. Los grupos del Tipo II son los grandes productores, las agencias de gobierno y los administradores de las plantas hidroeléctricas.

La Tabla 1 resume las similitudes y diferencias en percepciones entre los distintos tipos de grupos:

Similitudes	Enfoque en el cambio climático/ENSO (El Niño) como factor de cambio en el Sistema hídrico. Enfoque en “incrementar la toma de conciencia” como una respuesta a la escasez
Diferencias	Nivel de comprensión detallada de los factores de cambio. Uso de pronósticos de lluvia. Uso de respuestas de planificación a largo plazo frente a las sequías. Niveles de acuerdo inter e intra grupal.

En Guanacaste, encontramos diferencias entre los grupos de actores del Tipo II (gobierno, plantas hidroeléctricas, grandes productores) y grupos del Tipo I (pequeños productores, acueductos rurales conocidos como ASADAs, grupos turísticos, público general) en sus percepciones y uso de la información climática. Los productores rurales pequeños y miembros de las ASADAs opinaron que los pronósticos no son suficientemente buenos porque no coinciden con la escala de sus fincas o ranchos y porque los



pronosticadores no conocen sus territorios. Además, parece ser que como los del grupo Tipo I se involucran menos en planificación de largo plazo en relación con los del Tipo II, es que los pronósticos de precipitaciones tal como son en la actualidad pueden no ser de utilidad para ellos. Los grupos del Tipo II parecieron estar más conectados unos con otros que aquellos del grupo Tipo I.

Aplicación

Diferencias en la percepción de las características del sistema hídrico pueden llevar a malentendidos y a conflictos. La investigación sobre modelos mentales, como la descrita, puede apoyar en la comunicación del sector climático e hídrico, así como la colaboración entre los diferentes grupos de actores. Mediante la comprensión de qué piensan los diferentes grupos, podemos ayudar a diseñar comunicaciones que les brinden la información que necesitan.

Trabajos previos en Guanacaste han establecido que hay fracturas en la gobernanza del agua que separan a los tomadores de decisión de diferentes escalas por la carencia de coordinación y comunicación (Kuzdas *et al* 2014). Estas fracturas son problemáticas porque ambos tipos de grupos coexisten y necesitan trabajar juntos en temas de gestión del agua, y la información climática necesita ser compartida. Lo que nuestro trabajo muestra es que, además de estar desconectados, diferentes tipos de grupos tienen diferentes percepciones del sistema hídrico y de la información climática, lo cual podría sugerir que incluso cuando hay contacto entre los grupos, podría haber una probabilidad mayor de malentendidos, especialmente sobre la complejidad del sistema hídrico y la escala de la información de pronósticos. Lo que esto significa, en términos de pensar sobre el trabajo de las organizaciones en la región, es que es necesario no sólo conectarse a diferentes escalas geográficas, si no también trasladar valores e información científica entre los grupos del Tipo I y Tipo II.

Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- Babcock, M., Wong-Parodi, G., Small, M. J., & Grossmann, I. (2016). Stakeholder perceptions of water systems and hydro-climate information in Guanacaste, Costa Rica. *Earth Perspectives*, 3(1), 1-13
- Babcock, M. Exploring and Bridging Group Divides in Climate Communications. Tesis de doctorado. Carnegie and Mellon University
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento

Incrementando la toma de conciencia en el impacto sobre el agua por turistas, y nuevas formas de atraer fondos para conservación

Paige Olmsted

Jordi Honey-Rosés, Terre Satterfield, Kai Chan

Resumen


Este estudio exploró el interés de los turistas en apoyar la conservación, y encontramos un acuerdo sustancial con los conceptos que sustentan al ecoturismo y un deseo de contribuir económicamente, más ligado a las ONG locales. Encontramos relación entre los componentes ecoturísticos (que incluyeron la visita a la naturaleza, la reducción del impacto, la contribución a la conservación, la conservación de los recursos naturales, y aprender acerca de la cultura y los valores ambientales, lo cual sugiere una apreciación general de la naturaleza y la administración ambiental, por lo que sorprende que haya un conocimiento limitado de la sequía -un gran desafío ambiental actual en la región. influidos por la conciencia de la sequía, sino por factores que apuntan a una conexión con el lugar (contribuciones a los lugares que habían experimentado), lo que sugiere que el apoyo financiero de los turistas puede ser más eficaz fortaleciendo y mejorando tales conexiones.

A tener en cuenta

- El turismo representa un importante 12% del PIB de Costa Rica y se proyecta que alcanzará a 16,6% en el 2023, duplicando el crecimiento del empleo en el sector turístico en el mismo período (WTTC, 2016).
- Tanto los visitantes turísticos como los residentes a largo plazo o los "turistas residenciales" de la región están aumentando constantemente, lo que tiene múltiples consecuencias e implicancias en el uso del agua en particular (Van Noorloos, 2011).
- Los turistas en la región, incluso aquellos que están motivados a visitar debido a razones ecológicas (ej. experiencia con biodiversidad, visita a Parques Nacionales) no son conscientes de los problemas críticos de agua.
- La disposición a pagar por los programas de conservación varió de US\$ 18 a \$ 54 por persona, con preferencia para apoyar a las ONGs locales en acciones de coordinación para la conservación, en relación con ONGs internacionales, gobierno u hoteles locales.

Contexto

Costa Rica es un destino de ecoturismo reconocido a nivel mundial, donde la expansión del turismo en el noroeste ha contribuido significativamente al desarrollo económico, así como a los conflictos asociados



con la asignación y el uso del agua. Por lo tanto, es probable que los turistas en la región contribuyan negativamente a un problema ambiental local, pero también estén en condiciones de contribuir a la conservación a través de sus actividades económicas. Entender qué puede motivar tales contribuciones puede ayudar a proporcionar más apoyo económico de aquellos que contribuyen directamente a los desafíos ambientales existentes.

Métodos

Durante una época de sequía en Guanacaste, turistas internacionales (n = 260) fueron encuestados en el aeropuerto de Liberia después de sus vacaciones. Los turistas fueron evaluados en una serie de medidas relacionadas con el ecoturismo, el conocimiento de la sequía, y los valores ambientales para detectar las preferencias asociadas con las contribuciones financieras a la conservación. Los atributos del Programa incluyen una opción entre los proyectos de conservación del agua o la biodiversidad. Se anticipó preferencia por la biodiversidad, que puede ser mediada por el conocimiento de la sequía.


La encuesta consistió en cinco partes. La primera hizo preguntas básicas sobre su viaje; la segunda sección fue un experimento de elección⁴; la tercera sección preguntó sobre la exposición específica a la información sobre la escasez de agua en la región. El cuarto incluyó tres medidas de valores ambientales, valores ambientales relacionales y valores intrínsecos e instrumentales. La sección final incluía datos demográficos estándar.

Resultados principales

Los resultados sugieren que la preferencia más fuerte es la administración de un programa por parte de las ONGs locales, seguida del apoyo específico en el sitio, mientras que el objetivo de la intervención (si el foco del proyecto era la conservación del agua o la conservación de la biodiversidad) no es significativo. Cuando las variables demográficas, incluyendo el apoyo al ecoturismo, el tipo de hotel, los ingresos y el conocimiento de la sequía interactúan con el experimento de elección, encontramos que los ecoturistas están dispuestos a contribuir más y preferir proyectos de biodiversidad (valor estadísticamente significativo). El conocimiento de la sequía no se relacionó con un mayor apoyo a los proyectos de agua, aunque aquellos que estaban conscientes estaban dispuestos a dar más.

Los turistas en este estudio indicaron una fuerte alineación con los cuatro componentes del ecoturismo (visitar la naturaleza, reducir el impacto, contribuir a la conservación y aprender sobre la cultura), por lo que no es de extrañar que las actividades más populares fueron visitas a Parques Nacionales, con más del 60% de los encuestados que han participado en esta actividad específica. Aquellos con puntuaciones

⁴ Experimento de elección: diseño experimental en encuestas donde se pide a los encuestados que elijan entre dos escenarios; en este caso los atributos de una donación. Presentando una serie de opciones y preguntando a varias personas, es posible determinar qué personas tienen más probabilidades de descubrir sin preguntar abiertamente.



ecoturísticas más altas tendieron a contribuir más, estaban más interesados en proyectos de biodiversidad y más interesados en apoyar sitios que habían visitado.

La toma de conciencia respecto de la sequía fue estimada con tres preguntas. La evidencia física de condiciones secas para cualquier persona que había estado viajando en la región, y la posterior conciencia limitada de la existencia de sequía fue sorprendente.

La industria hotelera se centra en el servicio al cliente, y no es probable que desee sugerir que hay problemas o limitaciones para los huéspedes. Varios hoteles en zonas costeras traen agua en camiones cuando es necesario, aunque no utilizan esta acción como una oportunidad para promover la conservación por parte de sus huéspedes.

Aplicación

Proponemos que la compensación directa por parte del turista proporciona un beneficio financiero local y aumenta la conexión (sentido de responsabilidad) entre el turista y su impacto. Nuestros resultados sugieren que es posible que los planificadores y operadores turísticos puedan aprovechar tales conexiones para buscar contribuciones que alivien las tensiones, y educar a los turistas sobre el impacto de sus viajes. Si bien el conocimiento por sí solo no resultará necesariamente en acción, los programas de educación más estratégicos que aprovechan los valores y promueven las normas sociales favorables al medio ambiente podrían ser un primer paso para apoyar y crear demanda de turismo que sea más sostenible.

Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- Olmsted, P. (2017). For love or money: harnessing environmental values and financial incentives to promote conservation stewardship (Tesis de doctorado, University of British Columbia)
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento

Valores y actitudes al desarrollar programas de incentivos

Paige Olmsted

Jordi Honey-Rosés, Terre Satterfield, Kai Chan

Resumen


Los agricultores que han y no han participado en el programa PSA (Pago por Servicios Ambientales) en Guanacaste fueron encuestados con respecto a sus razones de participación, preferencias y valores ambientales en general, para comprender mejor su motivación en participar, y proporcionar una visión para el diseño de programas de incentivos que tenga en cuenta estos factores. Los resultados indican una fuerte preocupación ambiental y apoyo a todos los tipos de incentivos (tanto monetarios como no monetarios) entre participantes y no participantes. Los agricultores informaron que participarían en actividades más orientadas al medio ambiente si contaran con más incentivos. Las recomendaciones de diseño de programas para abordar las preocupaciones existentes de los agricultores con equidad (quién llega a participar) y autonomía (quién decide cómo se ejecutan los programas) incluyen el fomento de las agencias a nivel local, reducir el enfoque en la adicionalidad a nivel de finca y reducir la carga del monitoreo. Los hallazgos de la encuesta también sugieren que la comprensión de las actitudes y valores existentes y la adaptación de los programas, en consecuencia, pueden fomentar la participación y la satisfacción con dichos programas.

A tener en cuenta

- Los programas de incentivos son comunes y pueden ser útiles para promover cambio de comportamiento, particularmente a nivel individual y comunitario cuando se diseñan e implementan adecuadamente
- La calidad y cantidad de agua estuvieron entre las motivaciones más prioritarias para que los pequeños agricultores se involucren en este tipo de programas en la región. Cada uno de los encuestados mencionó el cambio climático como una cuestión muy importante en la región
- Los resultados podrían ser aplicables a la implementación de programas de incentivos asociados con la reducción del uso del agua o estrategias alternativas asociadas con la conservación del agua
- Los agricultores tenían ideas contradictorias sobre el papel de las plantaciones de teca y la seguridad del agua

Contexto

El Pago por Servicios Ambientales (PSA) es una herramienta para promover prácticas de conservación en tierras privadas, que se enfrenta a múltiples críticas. Una crítica prominente es que la introducción de



incentivos monetarios puede socavar las motivaciones internas por acciones pro-medioambientales, un concepto llamado "alardeo motivacional".

Costa Rica tiene un programa de PSA de larga data, así como una reputación de tener una fuerte identidad ambiental nacional (Evans, 2010). Los agricultores son objetivo frecuente de los programas de PSA, quienes enfrentan limitaciones financieras importantes y deben tomar decisiones para maximizar la producción en situaciones en que las estrategias de conservación pueden ser deseables (Grenier *et al*, 2013). En este contexto, buscamos comprender cuáles son las condiciones, características o motivaciones subyacentes que apoyan la participación en las regiones de Hojancha y Nandayure.

Métodos


Este estudio compara la experiencia, las actitudes y los valores de los agricultores que han y no han participado en programas de PSA en Hojancha y Nandayure, dos cantones vecinos de la Provincia de Guanacaste de Costa Rica. En dichos cantones, que son dos de las cinco subregionales de PSA de Guanacaste, incluimos agricultores que han participado (n = 54) y que no participaron en el Programa Nacional de PSA (n = 199).

UNAFOR, la Unión Nacional Agroforestal de Costa Rica, está explorando la posibilidad de un nuevo programa para satisfacer mejor las necesidades de los pequeños agricultores rurales. Ellos coordinaron y emprendieron una serie de 9 talleres comprendiendo a más de 200 agricultores en todo el país en la primavera y el verano de 2015, al mismo tiempo que se desarrolló este estudio de dos subregiones PSA. Una de las áreas investigadas, Hojancha, es la región piloto para el nuevo enfoque de la UNAFOR para los pequeños propietarios. Los resultados cualitativos de UNAFOR se discutieron junto con los resultados cuantitativos de los agricultores en este estudio para identificar temas comunes.

Resultados principales

Nuestros resultados demuestran un amplio apoyo de los participantes y no participantes del PSA para todos los tipos de incentivos, incluidos los incentivos monetarios. Las actitudes y valores asociados con el ambiente son consistentemente positivos entre ambos grupos, y no encontramos relación entre un interés en incentivos financieros y fines de lucro. Es decir, no tenemos evidencia de que la participación en PSA conduzca a actitudes economicistas relacionadas con el medio ambiente. Las diferencias entre los participantes y no participantes en los PSA radican en sus prácticas de uso de la tierra, pues altos porcentajes de ambos grupos se involucran en prácticas de PSA, como la reforestación y la deforestación evitada; se dedica más tierra a estas prácticas para los participantes, particularmente en reforestación.

Encontramos: (1) que los agricultores están motivados por preocupaciones ambientales tanto como por ganancias monetarias; además, algunas motivaciones no monetarias aumentaron marginalmente mientras más tiempo se tiene en el programa, en tanto que la declaración de una motivación monetaria disminuye. Esto sugiere que sus motivaciones ambientales no han sido "superadas". (2) Los valores y



actitudes ambientales evaluados en múltiples escalas obtuvieron calificaciones altas entre participantes y no participantes, lo que sugiere que los PSA no han diluido el apoyo de los participantes a los objetivos ambientales en el paisaje. (3) Los incentivos financieros pueden ayudar a explicar algunas diferencias en el uso de la tierra entre los PSA (por ejemplo, participantes y no participantes, aunque la mayoría de los agricultores participan en múltiples prácticas pro-ambientales).

Tanto los participantes del PSA como los no participantes tuvieron los mismos 6 motivadores para la participación en el programa: las generaciones futuras, aumentar los ingresos, simplificar la producción, reducir el impacto del cambio climático, mejorar la calidad del agua y mejorar la biodiversidad.

En cuanto a las actividades preferentes de los agricultores que les gustaría ver más para abordar las preocupaciones ambientales, las acciones políticas que recibieron el mayor número de ránking fueron más educación ambiental, aumento de capacidades locales, aumento de parques y áreas protegidas y más incentivos gubernamentales. Estas acciones también fueron las más apoyadas en general.


Los agricultores rurales sostienen que el programa de PSA tal como está no calza con los mayores intereses de los pequeños agricultores.

También se respaldó la creación de programas nuevos relacionados con los PSA para que los pequeños agricultores puedan atender sus necesidades. Los agricultores demostraron interés en los mecanismos de participación social (ir más allá de la consulta), con énfasis en la participación y la creación de capacidad, y un énfasis en las mujeres y los jóvenes.

La autonomía y la flexibilidad fueron destacadas por los agricultores encuestados y el informe de la UNAFOR como características importantes de un nuevo programa. Valores compartidos se observaron en las regiones encuestadas, donde múltiples demostraciones de compromiso con buenas prácticas de gestión y el sentido de la responsabilidad ambiental no eran únicas para los participantes del PSA.

Aplicación

Los pequeños propietarios de la zona encuestada tienden a respaldar múltiples tipos de incentivos y buscan crear o adaptar programas para satisfacer mejor sus necesidades. Muchos comentarios se refirieron al pago relativamente pequeño en relación con el trabajo asociado. En la medida en que el pago está causando frustración, otros motivadores deben estar presentes para fomentar la participación y la satisfacción. Los agricultores indicaron una preferencia por operar en comunidades donde el compromiso es evidente en lugar de aquellos con la mayor necesidad (ya sea ecológica o económica). Hacerlo proporciona potencial para poder modelar experiencias de éxito y beneficio de la difusión de las normas sociales.



Tener en cuenta las actitudes y los valores que fomentan los co-beneficios sociales o considerarlos como motivadores potenciales puede fomentar una mayor participación, aun cuando los beneficios económicos estén sobre-adheridos.

Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- Olmsted, P. (2017). *For love or money: harnessing environmental values and financial incentives to promote conservation stewardship* (Tesis de doctorado, University of British Columbia)
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento

Las aves de Guanacaste bajo los efectos del cambio climático y la deforestación

Alejandra Echeverri Ochoa

Daniel S. Karp, y Dr. Kai M.A. Chan

Resumen


El futuro de la biodiversidad dependerá de cómo la biodiversidad se va a adaptar frente a los cambios que los humanos le causamos a la naturaleza. Nuestra investigación se enfocó en entender cómo las aves de Guanacaste están respondiendo a la sequía causada por el cambio climático y a la deforestación generada por la expansión de las áreas agrícolas. Después de estudiar las comunidades de aves en las áreas húmedas y en las áreas áridas de Guanacaste, y a su vez en las zonas de bosque y en las zonas agrícolas, logramos detectar 3.813 individuos pertenecientes a 126 especies de aves. Analizamos la diversidad a una escala regional, y encontramos especies de aves diferentes en los bosques secos en comparación con los bosques húmedos. Se encontraron especies similares entre las regiones, en ambas áreas seca y húmeda. Encontramos una fuerte relación entre cómo las especies responden a la conversión del hábitat y cómo responden a climas cada vez más secos.

A tener en cuenta

- Encontramos 100 especies de aves en los bosques de Guanacaste, y 91 especies de aves en las áreas agrícolas de Guanacaste (incluyendo tierras ganaderas y cultivos)
- La agricultura está acabando con la biodiversidad generada por el gradiente de precipitación en Guanacaste
- Las aves asociadas a las áreas secas pueden persistir en la agricultura, mientras las aves asociadas a las áreas húmedas prefieren los bosques.
- Es importante mantener los parches de bosques, las cercas vivas con plantas nativas, y los arbustos en las zonas de cultivo, con el fin de mantener la biodiversidad de aves en el paisaje.

Contexto

Investigaciones anteriores han demostrado que la biodiversidad en las regiones tropicales se ve muy afectada por el cambio climático y la conversión del hábitat de bosques a agricultura. Sin embargo, no sabemos cómo la combinación del clima más seco y el cambio en el uso de la tierra juntos afectan la biodiversidad. En este contexto, diseñamos este estudio con la intención de explorar los impactos combinados del secado del clima y la conversión del hábitat en las aves de Guanacaste. Este fue un lugar ideal para realizar esta investigación porque tiene una comunidad de aves de ~ 250 especies y tiene un paisaje complejo con selvas tropicales, bosques secos tropicales, pastos y tierras de cultivo. Además, la



precipitación anual total varía de ~ 1.500 mm a ~ 3.000 mm a lo largo de ~ 75 km, impulsando un cambio de bosques húmedos costeros a bosques secos interiores. Específicamente, nuestro objetivo fue estudiar cómo la estructura del paisaje y los cambios en las precipitaciones afectan a la comunidad aviar.

Métodos

Seleccionamos una red de 20 fincas aledañas a parches de bosque en el gradiente de precipitación de Guanacaste. Entre estas fincas escogimos 12 fincas ganaderas, 6 de arroz (o melones en la época seca), 1 cultivo de caña de azúcar y 1 cultivo de pasto Taiwán. En cada finca identificamos 6 sitios para realizar puntos de conteos de aves (en total, tuvimos 120 puntos de conteo). La mitad de estos puntos fueron localizados en zonas agrícolas y la mitad en los bosques aledaños. Durante mayo, junio y julio de 2016 contamos todas las aves vistas u oídas en cada uno de los puntos de conteo. Cada punto se visitó 20 minutos y tuvo un radio fijo de 50 metros. El mismo experto (es decir, el señor Jim Zook) realizó los conteos de aves. La mitad de los puntos fueron contados 3 veces y la otra mitad se contaron sólo una vez durante una semana. En cada uno de los puntos de conteo establecimos 4 subparcelas con el fin de medir la estructura de la vegetación e identificar todos los árboles que tenían un diámetro a la altura del pecho mayor a 5 centímetros. También medimos los 3 árboles más altos del dosel (es decir, la parte más alta del bosque) y estimamos la cobertura del sotobosque (es decir, la parte más baja del bosque) anotando el porcentaje de cobertura por plantas herbáceas y la cantidad de plántulas con tallos maderables. Por último, tomamos fotografías con un lente ojo de pescado al centro de cada subparcela, con el fin de medir la cobertura del dosel.

Para analizar cómo la sequía y la conversión de hábitat afectan a los pájaros, usamos un modelo estadístico Bayesiano (llamado modelo binomial mixto) con el cual estimamos las abundancias en cada sitio. Luego, analizamos la diversidad de especies a nivel regional y contamos la cantidad de especies en cada uno de los puntos.



Resultados principales

Detectamos 3.813 individuos de aves, de 126 especies diferentes. De dichos individuos, reportamos 2.447 pertenecientes a 100 especies en las áreas de bosque y 1.366 individuos de 91 especies en las áreas agrícolas. También, analizamos la diversidad a escala regional y encontramos que hay especies diferentes de aves en las zonas húmedas y en las zonas áridas, y que diferentes especies habitan los bosques y los cultivos.


Esto quiere decir que tanto el hábitat local como la precipitación regional determinan la composición de las comunidades de aves en Guanacaste. Nuestros análisis indicaron que el uso del suelo (es decir, bosques, cultivos, o pastos para la ganadería) explica más la variación en las comunidades de aves que la precipitación misma. En Guanacaste encontramos comunidades de aves diferentes en los diferentes tipos de bosque. Por ende, encontramos especies de aves diferentes en los bosques secos en comparación con los bosques húmedos.

También encontramos una relación entre la respuesta de las especies frente a la conversión del hábitat y la respuesta de las especies frente a la sequía. Específicamente, encontramos que las especies que sólo viven en los bosques son más abundantes en las regiones húmedas, mientras que las especies que viven principalmente en las áreas agrícolas fueron altamente abundantes en las zonas áridas. A su vez, encontramos que las comunidades de aves de los bosques y de las zonas agrícolas en las mismas regiones de la península de Nicoya, fueron más distintas entre sí en las zonas húmedas (es decir cerca de la costa), mientras que las comunidades de aves de las zonas agrícolas y zonas de bosque en las áreas secas (es decir cerca de Palo Verde) fueron más similares entre sí. Nuestro trabajo sugiere que la conversión de los bosques para la agricultura y la sequía en Guanacaste están favoreciendo las mismas especies, lo cual puede homogenizar la biodiversidad más rápido de lo que se pensaba. Nuestros resultados también sugieren que los parches de bosque dentro de las áreas de cultivo son increíblemente importantes si se quiere mantener la biodiversidad en el paisaje de Guanacaste.

Aplicación

Nuestros resultados demuestran cómo los cambios antropogénicos (cambios en el paisaje, o en el secamiento del clima) están afectando la biodiversidad de aves. Nuestro resultado principal sugiere que la conversión de bosques para la agricultura está homogenizando las comunidades de aves más rápido de lo que anticipábamos. Por esta razón, el manejo local del paisaje es crucial con el fin de mantener la biodiversidad de las aves en Guanacaste.


Dado que encontramos que las aves de los bosques son más diversas que las aves en las zonas agrícolas, le sugerimos a los ganaderos y a los agricultores de Guanacaste que mantengan los parches de bosque en sus áreas de cultivo. Incluso las islas de bosque que quedan dentro de un área de cultivo grande, están haciendo que la biodiversidad de aves en Guanacaste se mantenga.



También sugerimos mantener las cercas vivas y las líneas de arbustos que quedan entre las áreas de cultivo, ya que éstas también están ayudando a mantener la biodiversidad de las aves en Guanacaste. Eso es especialmente importante en las zonas húmedas, es decir las fincas cerca de la costa (específicamente en Sámara, Nicoya y Hojanca).

Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- Karp, D.S., Frishkoff, L.O., Echeverri, A., Zook, J., Juárez, P.J. & Chan, K.M.A. (2017). Agriculture erases climate-driven β -diversity in Neotropical bird communities. *Global Change Biology*, 1-12. DOI: 10.1111/gcb.13821. La versión de acceso libre se encuentra en: <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/graduateresearch/42591/items/1.0354981>
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento



Modelo de acompañamiento para involucrar a los actores del agua en la concientización educativa y la toma de decisiones

Grégoire Leclerc

Pierre Bommel, Camille Belmín, Melissa Gillet, Pável Bautista Solís

Resumen

Los actores del agua y los investigadores organizaron un proceso participativo para mejorar la resiliencia a la sequía y reducir las disputas por agua en la cuenca Potrero-Caimital al Oeste de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. El proceso involucró el diseño conjunto de “ContaMiCuenca”, un modelo híbrido basado en agentes que combina las decisiones de los actores con cálculos automatizados. Colectivamente evaluamos los temas de agua en las cuencas, definimos los objetivos del proceso, y desarrollamos varias versiones de ContaMiCuenca para la educación ambiental y la toma de decisiones por parte de adultos y niños. Las sesiones de simulación con adultos generaron debates sobre la necesidad de mejorar la precisión del modelo que es relevante para la toma de decisiones. Esto ayudó a identificar brechas sensibles de conocimiento con relación a la contaminación de aguas subterráneas y a la dinámica de los acuíferos que deben ser abordadas para mejorar el aprendizaje colectivo. Los niños enfatizaron la necesidad de coordinar y crear conciencia, lo que contrasta con la perspectiva de los adultos. Nuestros hallazgos ofrecen orientación para mejorar la participación trans-generacional de actores del agua en procesos de modelado participativo en un contexto de emergencia por sequías, información técnica limitada, y débil gobernanza del agua.

A tener en cuenta

- Desarrollamos un procesos de Modelo de Acompañamiento para la gestión sostenible del agua en las cuencas Potrero-Caimital
- Diseñamos de forma conjunta un modelo híbrido, interactivo que mezcla las decisiones de los actores con cálculos automatizados al que llamamos ContaMiCuenca
- Un ContaMiCuenca simulado fue apto para crear conciencia ambiental entre niños escolares, pero los adultos estaban sesgados hacia modelos “expertos”, esto motivó el desarrollo de ayudas visuales más realistas y un componente hidrológico sólido

Contexto


La gestión conjunta de recursos hídricos se ha propuesto como un enfoque fundamental para la gobernanza moderna del agua. Actualmente en Costa Rica es limitada, y con regularidad se acota a cuencas con potencial de generar energía hidroeléctrica, o se implementa en sitios donde hay luchas severas por la distribución del agua, la contaminación de aguas superficiales, la sobre-explotación de acuíferos (3 pozos ilegales por cada pozo legal), y un mayor número y severidad de disputas por agua, a pesar del marco legal del agua que incluye más de 100 reglamentos.

Nuestro estudio se realizó en las cuencas de Potrero y Caimital; dos cuencas contiguas que comparten el mismo acuífero, al Oeste de Nicoya-Guanacaste, Costa Rica. Ambas cuencas fueron incluidas en el más reciente Decreto Nacional para la emergencia de la sequía, debido a su importancia como fuente principal de agua dulce (desde el acuífero y el río Potrero) para las ciudades de Nicoya y Hojanca, y los principales pueblos de los alrededores. Los principales problemas se relacionan con disputas por el agua (ej. un proyecto de desarrollo de viviendas en Curime), uso de agua no regulado en la cuenca, riesgo de contaminación de agua superficial y subterránea y escasez de agua estacional y relacionada con la sequía. Estudios recientes encontraron evidencia de contaminación del río Potrero con agroquímicos tóxicos, y durante la última sequía el Estado emitió un reporte advirtiendo sobre un riesgo aumentado de contaminación del acuífero por vertidos inducidos. Las comunidades fueron impactadas por la sequía ya que sus principales fuentes de agua se secaron debido en parte a la sobre-explotación de aguas subterráneas y a la disminución del nivel freático.

El objetivo de nuestro trabajo, como lo establecieron los actores del área, fue desarrollar un modelo interactivo para: 1) ayudar a los actores a manejar mejor la cuenca y su acuífero, y 2) contribuir a la educación ambiental de niños escolares.

Métodos

Junto con el trabajo de Elinor Ostrom sobre la sostenibilidad de recursos comunes, nuestro enfoque sigue las bases empíricas del modelo de acompañamiento, o ComMod (www.commod.org). Promovemos otra forma de acción-investigación donde la ciencia y la sociedad se construyen de forma conjunta, y con un cambio en la posición del investigador que pasa de ser asesor de los decisores a apoyo para los actores sociales, y con el diseño de modelos de simulación con la participación explícita de los actores y los usuarios finales. Asumimos que los actores pueden “decidir” objetivos de largo plazo sobre la base de una concepción conjunta sobre cómo debería evolucionar la situación actual. Por lo tanto, es posible explorar escenarios de forma colectiva para poder comprender mejor si se puede alcanzar la situación deseada. Esto genera un proceso de aprendizaje que puede facilitar la acción



colectiva, especialmente cuando se trata de eventos altamente complejos. ComMod se enfoca en la integración de perspectivas múltiples y legítimas en un proceso iterativo de entendimiento, confrontación y análisis.

ComMod se ha aplicado en varios problemas de gestión del agua. En contraste, pero con estudios previos, comenzamos con el diseño conjunto de un modelo interactivo muy simple que fue desarrollado en más detalle con pequeños incrementos conforme se iba aclarando para los participantes la identificación del problema, la meta del modelo y sus usos.

El proceso fue organizado de forma conjunta por representantes de ONGs, instituciones públicas de agua, principales usuarios del agua en la cuenca, gobiernos locales y un equipo de investigación de CIRAD, CATIE y la UNA. Más adelante en el proceso incluimos al Ministerio de Salud, la Municipalidad de Nicoya, y representantes de organizaciones ubicadas en las cuencas, como las organizaciones comunitarias de agua potable y las Asociaciones de Desarrollo Integral.

Se desarrollaron cuatro áreas: a) identificación de problemas en la cuenca y definición colaborativa de los objetivos (fase de diagnóstico y concientización), b) introducción al Modelo de Acompañamiento y juegos demostrativos (para ayudar a los actores a evaluar la relevancia del enfoque y los puntos aptos de entrada), c) diseño conjunto y pruebas de modelos y juegos de mesa, d) evaluación del proceso ComMod.

Resultados principales

El modelo *ContaMiCuenca* fue implementado en la plataforma de modelado CORMAS (<http://cormas.cirad.fr/en/>). El proceso involucró varios talleres de diseño conjunto, incluyendo 3 pruebas realizadas con un grupo de actores que acompañan el proyecto FuturAgua, un taller de modelado interactivo con representantes del pueblo de Curime, y 4 sesiones con niños escolares de Curime y Nicoya.

El modelo evolucionó considerablemente durante el proceso (Tabla 1), comenzando por la demanda de un modelo interactivo por parte del Grupo de Actores Locales (GAL) FuturAgua. La primera versión incluyó solo cuatro agentes y un uso de la tierra simulado. Durante una prueba, los actores mostraron su preferencia por un modelo más realista; o sea, con ayudas visuales que representan más de cerca la cuenca Potrero-Caimital. Esto generó una segunda versión del modelo, que se probó en Curime y con niños escolares.

La naturaleza de juego del modelo se convirtió en un problema, que se exacerbó con la demanda específica de un modelo más preciso por parte del GAL. Esto implicó el desarrollo de un sub-modelo hidrológico sólido, que se incluyó en la versión de juego de ContaMiCuenca así como en la versión más “experta” (4.0) donde la naturaleza de juego se mejora con las decisiones automatizadas de los agentes.

Tabla 1. Evolución de contaMicuenca a través del proceso de diseño conjunto ComMod.

Versión del Modelo	Objetivo	Espacio	Agua	Agentes
1.0	Gobernanza del agua	Área hipotética, uso idealizado de la tierra	Cantidad de agua Acuífero simple tipo piscina; río sobre simplificado	1 alcalde, 1 ganadero, 1 Pueblo, 1 Agroindustria
2.0	Gobernanza del agua	Potrero-Caimital, uso de suelo semi-realista	Volumen de Agua, unidades con 3 atributos: volumen, concentración química y orgánica	1 alcalde, 1 ganadero, 1 Pueblo, 1 Agroindustria
2.0 (versión en papel)	Conciencia Ambiental (niños escolares)	Potrero-Caimital, uso de suelo semi-realista	Red de ríos: arroyos y ríos definidos de acuerdo a las pendientes	1 Agricultor, 1 Ganadero, 1 Pueblo, 1 Agroindustria, 1 Ciudad
3.0	Gobernanza del agua y conciencia ambiental (niños escolares)	Potrero, uso de suelo semi-realista	Modelo de acuífero de diferencia finita. Modelo de acuífero físico como cueva de hormigas	2 Ganaderos, 2 Pueblos, 2 Agroindustrias, 1 Ciudad
4.0 (en progreso)	Gobernanza del agua (con algo de automatización para darle naturaleza lúdica)	Potrero-Caimital, Gobernanza del agua, uso realista del suelo	Topología realista, con aluviones de conductividad	Por determinar

Aplicación

La Figura 1 presenta la principal interfaz del modelo utilizando su transformación desde la versión 1 a la 3. Cada una ofrece la posibilidad de cambiar el punto de vista del paisaje. Los usuarios pueden visualizar la cobertura del suelo, la altitud o el espesor del acuífero. Los diagramas de bloque en la Figura 2 comparan cómo la lluvia y las actividades agrícolas están conectadas con el agua subterránea y de escorrentía entre la versión 1 y la 3.

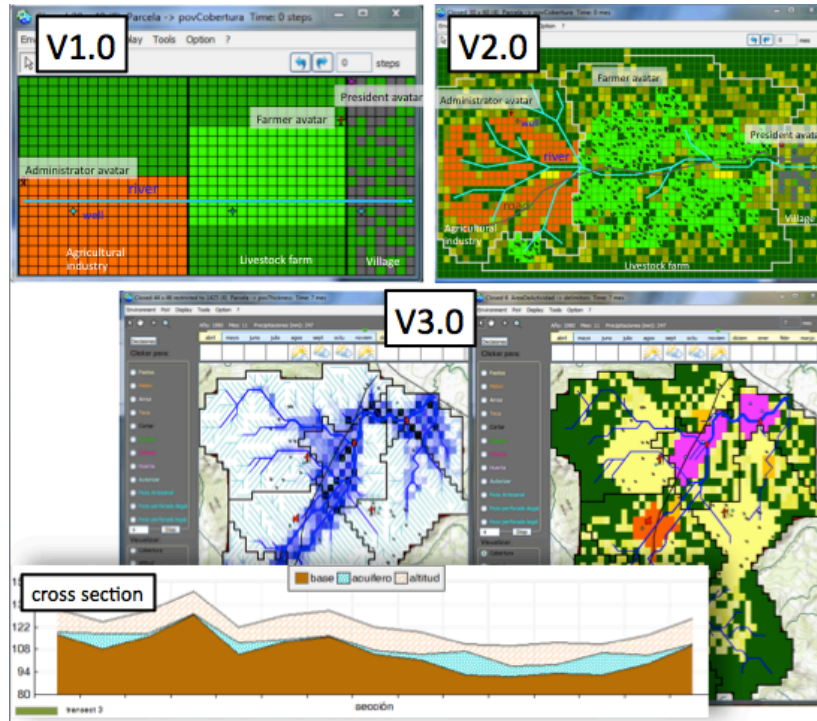


Figura 1: Evolución de la interfaz a través de las tres versiones principales. Para la V3.0 hay dos puntos de vista: la tabla hídrica del acuífero (izquierda) y la cobertura del suelo (derecha); además, el usuario puede dibujar una línea que despliegue una sección transversal de un plano (abajo).

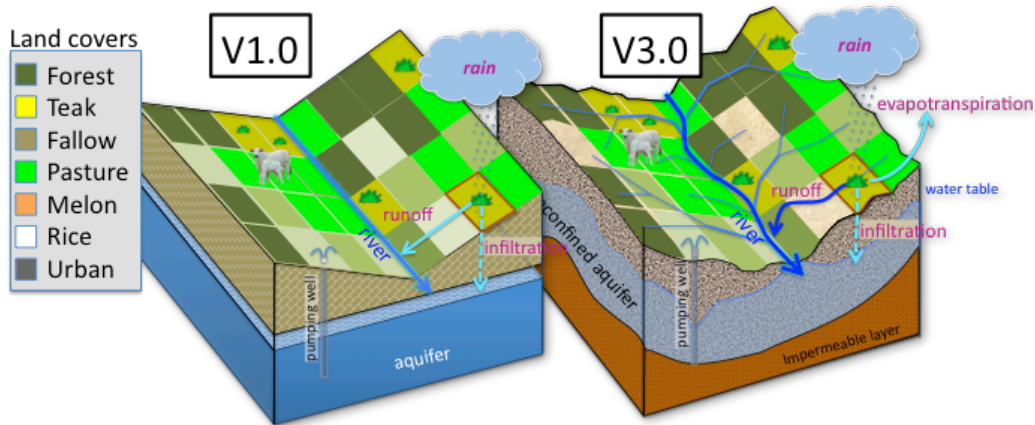


Figura 2: Esquema del agua subterránea y de escorrentía en la versión 1.0 y la 3.0

Hubo una gran diferencia en la actitud de los jugadores en las sesiones de juego con adultos y con niños escolares. Los niños escolares trabajaron bien con un modelo simulado, pudieron desarrollar un mejor pensamiento abstracto, y se movieron rápidamente para lograr acuerdos para la gestión sostenible del agua. Los adultos estaban sesgados hacia modelos expertos y no consideraron el modelo simulado como algo suficientemente “serio” como para tomar una decisión. La versión 4 del modelo abordará este sesgo para facilitar el desarrollo de un capítulo para la gestión sostenible del agua por parte de los actores de la cuenca Potrero-Caimital a finales del 2017.

Mayor información puede ser encontrada en:

- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento

Alcanzando la seguridad del agua potable a través de la organización comunitaria en Guanacaste, Costa Rica

Grégoire Leclerc

Pável Bautista-Solís, Pierre Bommel

Resumen

Desarrollamos nuestra investigación de acción en dos comunidades contrastantes: Colas de Gallo y Cuajiniquil, ambas cerca de Nicoya-Guanacaste, Costa Rica, que sufrieron de escasez de agua potable durante el evento de sequía más reciente. Los representantes de la organización local mostraron interés en desarrollar un proceso de desarrollo de capacidades para administrar y gestionar los acueductos rurales. Realizamos 16 reuniones que incluyeron varias sesiones de modelado participativo con una adaptación de la herramienta Wat-A-Game para acueductos rurales, visitas para el intercambio de experiencias entre ambas comunidades y otras organizaciones de base comunitaria, y sesiones de aprendizaje. El juego WAG-ASADAS demostró ser un poderoso gatillador de la participación comunitaria, y ser de ayuda a los participantes para entender el sistema socio-hídrico del acueducto rural, y a imaginar soluciones a los problemas permanentes. Las conversaciones e interacción en campo con líderes locales resultaron en construcción de confianza y participación. Como resultado, las personas de Colas de Gallo se organizaron para mejorar sus acueductos rurales, recolectando un pequeño monto de dinero en las casas y organizando eventos de recaudación de fondos. Entre ambas comunidades surgió un proceso inesperado de colaboración, donde la comunidad de Cuajiniquil, más dotada de recursos, se comprometió a apoyar a Colas de Gallo en sus tareas de desarrollo local. También contribuimos en el establecimiento de vínculos con individuos, organizaciones, e instituciones públicas que apoyan el desarrollo comunitario en la región, mejorando las oportunidades comunitarias para acceder a los recursos externos requeridos para mejorar las infraestructuras de los acueductos rurales y la organización local.

A tener en cuenta

- Desarrollamos un proceso participativo para fortalecer la organización local para la gestión de los acueductos en dos comunidades que sufrieron de escasez debido a la sequía
- Adaptamos la herramienta Wat-A-Game para crear el juego de mesa WAG-ASADAS, que está disponible para otros comités de agua potable en la región
- El proceso dio como resultado una mejor organización local, colaboración entre las dos comunidades, y vínculos con líderes locales y organizaciones estatales que abren oportunidades al desarrollo local

Contexto

Las organizaciones comunitarias para el agua potable tienen la responsabilidad de suplir agua para uso doméstico al 29% de la población costarricense. Actualmente, más de 1.500 de estas organizaciones enfrentan desafíos importantes para lograr esta misión crítica, como cumplir con los estándares nacionales de calidad del agua potable, y mejorar su organización y administración para asegurar el suministro y la distribución del agua bajo condiciones de cambio climático.

Realizamos nuestra investigación de acción en dos comunidades con condiciones geográficas y demográficas similares: Cuajiniquil y Colas de Gallo, ubicadas en la región de Guanacaste, propensa a las sequías, en Costa Rica. Ambas comunidades contrastan con respecto a sus activos y organización. Nosotros abordamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Puede un proceso participativo ayudar a las comunidades a evaluar la situación de su acueducto y su gestión, proyectarse hacia el futuro, y construir estrategias más resilientes para enfrentar las restricciones de agua a nivel doméstico?

Métodos

A través de 16 sesiones participativas, adaptamos la herramienta Wat-a-Game (WAG) al problema del suministro doméstico de agua en estas comunidades, creando así el juego de mesa WAG-ASADAS (Figura 1). Esto se complementó con dos actividades adicionales: visitas por parte de actores regionales para compartir sus experiencias, e intercambio de visitas entre ambas comunidades para realizar un aprendizaje cruzado con relación a la gestión doméstica del agua.



Figura 1: Sesión de WAG-ASADAS en *Cuajiniquil* (izquierda) y *Colas de Gallo* (derecha).

Resultados

El proceso dio como resultado una colaboración liderada localmente entre ambas comunidades y el surgimiento de compromisos comunitarios para mejorar la resiliencia a la sequía. WAG-ASADAS creó conciencia en los participantes para apreciar el valor de la organización comunitaria y los impactos del cambio climático en el suministro de agua, y para desarrollar reglas de gestión del acueducto. Las visitas de intercambio y las intervenciones de los actores regionales promovieron oportunidades de acceso a recursos externos (sociales, humanos y financieros). Colas de Gallo creó su primer comité del agua para la construcción de un acueducto comunitario y de su primer pozo. Cuajiniquil se comprometió a proteger sus manantiales, organizó una capacitación para mujeres para reparar fugas en las tuberías de sus hogares, y realizó un concurso comunitario para reducir el consumo de agua. La Tabla 1 sintetiza el contexto, los objetivos y los resultados del proceso de investigación de acción en las dos comunidades.

Tabla 1. Características de las dos comunidades, con objetivos y resultados de nuestro proceso de investigación de acción.

Comunidad	Colas de Gallo	Cuajiniquil
Organización del agua	No hay una organización formal del agua	ASADA
No. de casas con agua entubada	20 hogares	59 hogares
Principal suministro de agua	Superficial	Superficial y subterránea
Fuentes alternativas de agua	Pozos artesanales, manantiales	Pozos artesanales
Objetivo del proceso de investigación de acción	Fortalecer la organización comunitaria para la gestión del acueducto rural	Aprender a resolver el uso excesivo de agua por parte de los hogares
Resultado del proceso de investigación de acción	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevo comité de agua • Contribución mensual voluntaria (\$) • Nueva asociación de desarrollo comunitario • Organizaciones fortalecidas con miembros jóvenes de la comunidad • Relaciones establecidas con otras organizaciones y acceso a recursos externos 	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso para proteger los manantiales en las fincas agrícolas • Capacitación a mujeres para reparar fugas de agua a nivel doméstico • Compromiso para reducir el consumo doméstico del agua • Apoyo a Colas de Gallo



Aplicación

Hubo roles sinérgicos en los distintos espacios de aprendizaje con el fin de promover el surgimiento de acuerdos de base comunitaria que mejoraron la gestión doméstica rural del agua. Unir el trabajo en redes con el desarrollo de capacidades mediante el juego WAG-ASADAS demostró ser eficaz para el fortalecimiento de la organización comunitaria.

El mazo de cartas de WAG-ASADAS ha sido mejorado a través del proceso, y ahora tiene tres tipos de cartas: Actividades, Alternativas y Eventos. Actualmente estamos preparando el lanzamiento de un mazo de cartas diseñado profesionalmente que estará disponible para fortalecer las organizaciones de acueductos locales de la región.

Mayor información puede ser encontrada en:

- Bautista P, Leclerc G, Bommel P, 2018. Achieving water security in rural aqueducts through community-based agreements in rural Northwestern Costa Rica (en preparación)
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias, en este documento

Análisis de actores en los conflictos por el recurso hídrico

Rafaelle Vignola

Pável Bautista

Resumen

Se analizaron 5 casos en que ha habido conflicto en torno al recurso hídrico: DRAT, Potrero - Caimital, Mala Noche, Costa y Sardinal, y se definieron dos etapas: la generación y la resolución del conflicto. Se analizaron los actores involucrados en las dos etapas y sus participaciones en espacios relevantes para la toma de decisiones sobre problemas asociados a periodos escasez de recursos hídricos. Entre los conflictos más comunes presentados en los casos de estudio, se encontraron los relacionados con la inconformidad y la competencia por el acceso, uso y distribución del recurso hídrico en lugares turísticos, entre comunidades para uso doméstico y entre los sectores doméstico, agrícola y pecuario. Se resalta, además, la contaminación de las fuentes hídricas y el suelo. La mayor representatividad de la escala de la organización en la etapa de la generación del conflicto la obtuvieron las organizaciones locales (59,4%) y en la resolución del conflicto fue para las escalas nacional y local (45,3%), y la menor representatividad la obtuvo la escala regional en ambas etapas del conflicto. En general se presentó que el sector de proveedores de servicios hídricos fue el sector más involucrado en las etapas de generación de los conflictos a menudo relacionados a disputas sobre concesiones a entidades privadas (ej. agricultura o turismo), uso y calidad de agua. El análisis de actores involucrados en los impactos de la sequía sobre los diferentes sectores mostró que en periodo de sequía es menor la cantidad de actores que se involucran en la cuantificación de daños e impactos y en la toma de medidas para enfrentar la sequía siendo el sector doméstico y la agricultura los más representados.

A tener en cuenta

- Para el análisis de actores se definieron dos etapas: la generación y la resolución del conflicto. Se analizaron 5 casos que ya han enfrentado y enfrentan conflictos sobre el recurso hídrico y han sido afectados por la sequía de 2014
- Se describieron los sectores impactados por los conflictos, los impactos directos e indirectos y las medidas para reducir dichos impactos
- Se identificaron los conflictos específicos sobre los recursos hídricos y los actores involucrados en la generación y resolución de conflictos
- Se identificaron los espacios interinstitucionales que participan en la gestión del agua

Contexto

Los modelos climáticos globales y regionales indican que esta región podría experimentar descensos de lluvia y aumentos de temperatura. Clasifican a los municipios de Costa Rica como los más vulnerables a los impactos del cambio climático en el suministro de agua doméstica (Kuzdas *et al* 2012). Una comunidad tiene un uso de agua *per capita* muy por encima y otra muy por debajo del promedio nacional. Existe escasa o nula comprensión de cómo las instituciones relacionadas con el agua se desempeñan, a pesar de que la gobernanza de los recursos hídricos ha sido estudiada en términos amplios (Vignola *et al* 2012). Las partes interesadas en la región ven una gran vulnerabilidad a la escasez y al empeoramiento del agua si el acuífero se agota o se ralentiza la recarga (Kuzdas *et al* 2012).


Métodos

Para el análisis de actores se definieron dos etapas: la generación y la resolución del conflicto. Se analizaron 5 casos que ya han enfrentado y enfrentan conflictos sobre el recurso hídrico (DRAT, Potrero - Caimital, Mala Noche, Costa y Sardinal). Se realizaron entrevistas a más de 60 actores representantes de sectores relevantes. Para cada caso de estudio se describieron los sectores impactados por los conflictos, los impactos directos e indirectos y las medidas para reducir dichos impactos. Además, se identificaron para cada caso de estudio los conflictos específicos sobre los recursos hídricos y los actores involucrados en la generación y resolución de conflictos (tipo y escala). Finalmente, se identificaron los espacios interinstitucionales que participan en la gestión del agua en cuanto a tipo/escala, sector representado y principal tema de competencia. Posteriormente, se consideraron 3 de los casos anteriores (DRAT, Potrero - Caimital y Costa). Se entrevistaron 112 actores de los sectores más relevantes en la gestión de agua y sus conflictos. La idea era analizar más en profundidad sus relaciones y cuales son claves para la gestión de sequías dado los impactos y los conflictos existentes. Se realizó un análisis de redes, describiendo la estructura de gobernanza en los 3 casos, e identificando actores clave y sus características. Se analizó la interacción entre dichos actores, de acuerdo a categoría: alcance nacional, regional o local y tipo: academia, sociedad civil, privados y públicos.

Resultados principales

Entre los conflictos más comunes presentados en los casos de estudio, se encontraron los relacionados con la inconformidad y la competencia por el acceso, uso y distribución del recurso hídrico en lugares turísticos, entre comunidades para uso doméstico y entre los sectores doméstico, agrícola y pecuario. Se resalta, además, la contaminación de las fuentes hídricas y el suelo, causado por la escorrentía de las aguas residuales domésticas y agrícolas que se vierten sin tratamiento, destacándose, además, la contaminación por arsénico de las fuentes de abastecimiento en el caso de estudio DRAT.

En cuanto a la generación de conflictos, el mayor porcentaje de participación correspondió al sector proveedores de servicios hídricos, con un 32,8% y 26,6% respectivamente; y la menor participación fue para el sector extensión de la investigación y educación (1,6%) y en la resolución del conflicto fue para los sectores extensión de la investigación y educación, y turismo (3,1%).




En cuanto al tipo de organización en ambas etapas del conflicto, la mayor representatividad fue para las organizaciones públicas (42,2% y 45,3%, respectivamente) y la menor participación fue para la academia (1,6% y 3,1%, respectivamente). Finalmente, la mayor representatividad de la escala de la organización en la etapa de la generación del conflicto la obtuvieron las organizaciones locales (59,4%) y en la resolución del conflicto fue para las escalas nacional y local (45,3%), y la menor representatividad la obtuvo la escala regional en ambas etapas del conflicto (1,6% y 0%).

En general se presentó que el sector de proveedores de servicios hídricos fue el sector más involucrado en las etapas de generación de los conflictos a menudo relacionados a disputas sobre concesiones a entidades privadas (ej. agricultura o turismo), uso y calidad de agua. De igual manera los sectores de extensión de la investigación y educación, y salud y desarrollo comunitario son los menos involucrados en las etapas del conflicto.

El análisis de actores involucrados en los impactos de la sequía sobre los diferentes sectores, mostró que en periodo de sequía es menor la cantidad de actores que se involucran en la cuantificación de daños e impactos y en la toma de medidas para enfrentar la sequía. Sin embargo, un análisis de esta participación determinó que el sector que más se involucró fue medioambiente (29%), y el menos involucrado fue extensión de la investigación y educación (3,2%). En cuanto al tipo de organización, se encontró mayor participación de las organizaciones públicas (45,2%) seguido del trabajo de la sociedad civil; y una menor participación de las organizaciones e instituciones académicas (3,2%). Finalmente, el análisis de la escala de trabajo de la organización, mostró que la escala local (51,6%) fue la que más participó, mientras que, de la misma manera que en el análisis de conflictos, la menor participación fue para el trabajo regional.

Aplicación

En ambas etapas del conflicto se destacó la mínima participación de la escala regional; este aspecto se resalta debido a la articulación que debe existir entre las instituciones y/o organizaciones presentes en una región, aspecto que facilitaría la comunicación, capacitación, implementación de soluciones y replicabilidad de casos exitosos en contextos similares, es decir, casos con características climáticas, topográficas, hídricas, socioeconómicas análogas que permitan abordar los problemas por el agua de manera exitosa, atendiendo su problemática desde el ámbito regional y consolidando necesidades y objetivos claros para gestionar a escala nacional. Para mejorar la gobernanza del recursos hídrico y prevenir la profundización de conflictos hídricos los espacios inter-institucionales existentes podrían ser fortalecidos a través de su institucionalización y empoderamiento (hacia una gobernanza más descentralizada) y con el mayor involucramiento de organizaciones técnicas y científicas que pueden reforzar capacidades de tomar decisiones más informadas y también reconociendo las incertidumbres sobre ciclos de precipitación e hidrológicos en las cuencas.



Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- Vignola R., Kuzdas C., Poveda K., Bolaños I., 2018. Hybrid governance for drought risk management: the case of the 2014 El Niño occurrence in Costa Rica. *International Journal of Disaster Risk Reduction* (enviado para publicación).
- Vignola R., Kuzdas C., Bautista P., Poveda K., Bolaños I., Pacheco A., Rivera P., 2018. Information-sharing in policy networks across scales and sectors for managing drought risk: the case of El Niño 2014 in Guanacaste, Costa Rica. *Journal of Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* (enviado para publicación).
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias en este documento



Planificación estratégica del sistema agrícola con un enfoque de múltiple cadena de valor

Jeroen Houdijk

Bruno Barbier, Rigoberto Rodríguez Quirós, Roberto García Piñeres, Grégoire Leclerc

Resumen

Un grupo de agricultores orgánicos en una asociación de agricultores llamada “Orgánicos el Cerro” está utilizando cuencas de agua para recolectar agua de lluvia para riego en períodos secos. Los veintidós asociados producen cultivos orgánicos en cuatro fincas familiares en la comunidad rural de Cerro Negro. Se desarrolló un plan de negocios estratégico con un enfoque de múltiple cadena de valor. La formulación de la misión, visión y objetivos estratégicos fue un proceso participativo e iterativo, en el que desarrollamos una visualización de la cadena de valor, así como un modelo bioeconómico para identificar y valorar las oportunidades. Encontramos que el sistema agrícola agrohidrológico de la Asociación “Orgánicos el Cerro” es fuerte ya que es diversificado y, por lo tanto, varias estrategias pueden ser alternativas viables. El sistema agrícola y el enfoque de múltiple cadena de valor es una metodología innovadora para ayudar a comprender los sistemas productivos relacionándolos con su contexto regional.

A tener en cuenta

- Desarrollamos un plan de negocios estratégico para la Asociación “Orgánicos el Cerro”, con base en un enfoque de múltiple cadena de valor respaldado por un proceso participativo y un modelo bioeconómico.
- La visualización de la cadena de valor demostró ser una herramienta efectiva para respaldar el proceso.
- Encontramos que no se espera que las inversiones en cuencas de agua adicionales den los retornos más altos, pero las inversiones en el desarrollo de la cadena de valor, como transporte y bodegaje, son extremadamente prometedoras.

Contexto

La Península de Nicoya es parte de la provincia de Guanacaste, en Costa Rica, y se caracteriza por un clima tropical con una estación seca pronunciada marcada por sequías. La demanda por alimentos producidos de forma orgánica ha sido creciente en Sámara y Nosara, los destinos de ecoturismo en la región contribuyen a una mayor demanda, y el consumo de productos orgánicos está creciendo tanto a nivel nacional como internacional (Evans 2014). Debido a las condiciones climatológicas y al relativo

aislamiento de la Península de Nicoya, existe una ventaja competitiva para la producción local de cultivos (orgánicos) en comparación con el transporte desde la principal región de producción que es el valle central. La producción de cultivos de alto valor durante todo el año, que implica una dependencia al riego, brindará condiciones de empleo más estable y reducirá la migración rural-urbana.

Un grupo de agricultores orgánicos de 4 familias (Figura 1), ubicado en las laderas del oeste de Nicoya, se organizó en una asociación llamada “Asociación de Agricultores Orgánicos el Cerro Negro de Nicoya”, a la que nos referimos como “Orgánicos el Cerro”, y está utilizando pequeñas cuencas en las fincas para recolectar agua de lluvia para riego en los períodos secos. Sin embargo, la Asociación reportó problemas organizacionales y logísticos que afectan su resiliencia bajo un clima cambiante y un contexto cada vez más competitivo. Les ofrecimos ayuda para desarrollar una estrategia de modelo de negocios para permitir la producción sostenible reduciendo la vulnerabilidad a la variabilidad climática y a los riesgos financieros.



Figura 1. Distribución de las cuatro fincas familiares de Orgánicos el Cerro, principalmente rodeadas por bosque

Métodos

El plan se desarrolló en 4 pasos:

1. Caracterización del sistema hídrico de la agricultura orgánica en la Asociación Orgánicos el Cerro
2. Caracterización de la cadena de valor para los principales cultivos orgánicos en la Península de Nicoya
3. Evaluación de la rentabilidad de Orgánicos el Cerro bajo distintas limitaciones y escenarios, con la ayuda de un modelo bioeconómico que integra toda la cadena de valor desde los productores hasta los consumidores
4. Proceso participativo para fortalecer la Asociación Orgánicos el Cerro a través del desarrollo de un plan estratégico con un enfoque de cadena de valor

Resultados principales

Todas las fincas que forman la Asociación fueron mapeadas y se caracterizó el sistema agrícola para cada una de las 4 familias que representan los grupos de decisión. El sistema agrícola y el modelo de múltiple cadena de valor integran cultivos y gestión de agua, transformación de producto, consumidores, y permite evaluar la rentabilidad y la viabilidad de las fincas asociadas y su asociación con base en diferentes limitaciones y escenarios. El modelo calcula la asignación óptima de cultivos para maximizar el ingreso de la finca. El plan de negocios estratégico incluye una visualización de la cadena de valor (Figura 2) que demostró ser una excelente herramienta de comunicación.

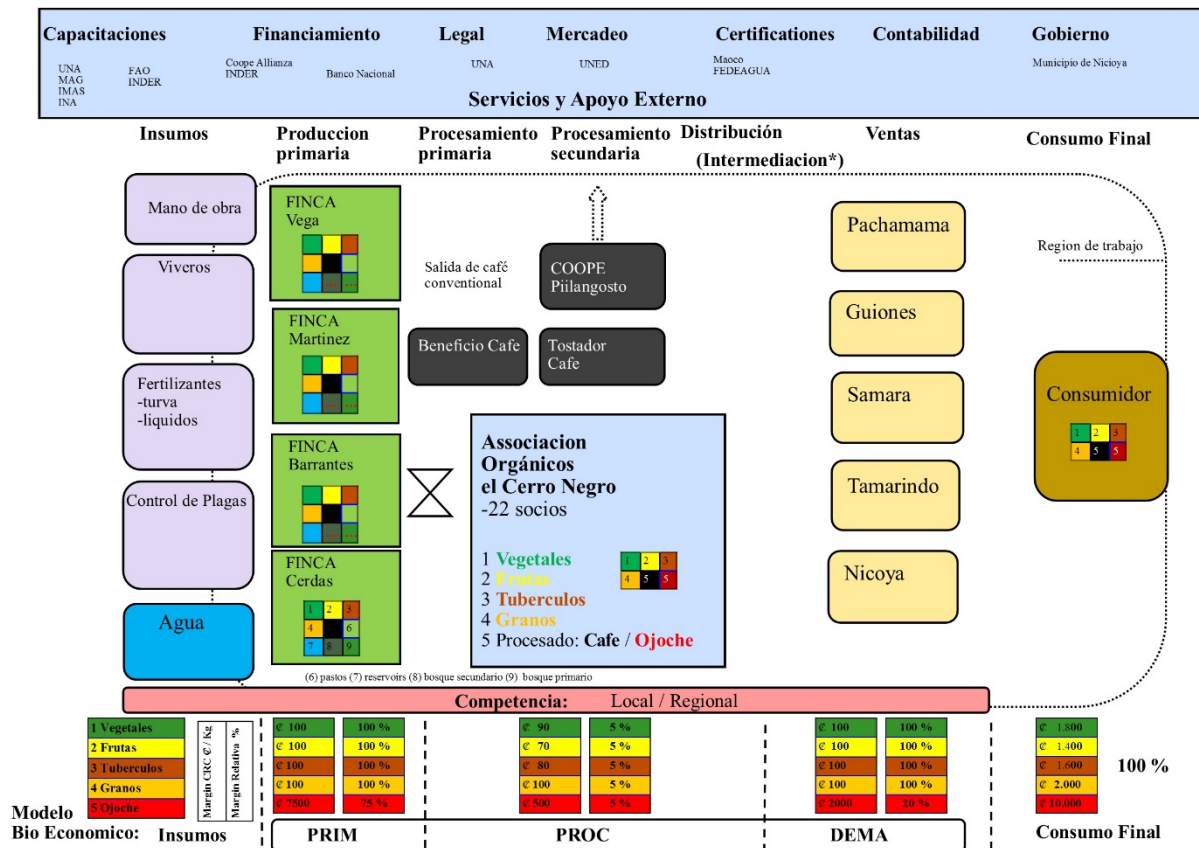


Figura 2: Visualización de la múltiple cadena de valor de la Asociación el Cerro. Calculamos la rentabilidad de Orgánicos el Cerro y sus fincas asociadas bajo distintas limitaciones y escenarios, utilizando valores marginales a partir de los resultados del modelo para así valorar las oportunidades, como reservorios de agua adicionales, o inversiones en un camión con cámara de frío.



Aplicación

El plan estratégico para la Asociación el Cerro fue creado en conjunto con la organización, e incluye un organigrama, una visualización de la cadena de valor, y la misión y visión de la organización. Es la base para un mayor desarrollo de la organización, y se puede utilizar como referencia para la formulación de objetivos y la toma de decisiones de inversión. Además, puede ser un primer paso hacia la certificación orgánica.

Encontramos que el sistema agrohidrológico de la Asociación Orgánicos el Cerro es fuerte debido a que es diversificado y trabaja con reservorios de bajo costo en la finca para la recolección de agua. Sin embargo, no se espera que las inversiones en cuencas de agua adicionales generen los más altos retornos, debido a que los sistemas agrícolas ya son funcionales y se ven limitados principalmente por la mano de obra. Por su parte, las inversiones en el desarrollo de la cadena de valor, como el transporte y el bodegaje, son alternativas viables que posicionarían a la Asociación en el mercado de Nicoya.

Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- Houdijck, 2017. Strategic planning for sustainable organic hillside agriculture with a farming system and value chain model in Nicoya, Guanacaste. Master in Sustainable Business Administration and Development, CATIE. 42p
- Houdijck J, 2017. Plan estratégico “Asociación de agricultores Orgánicos de Cerro Negro de Nicoya de Guanacaste”, 2017 – 2021. 36p
- Barbier B, Leclerc G, Houdijck, 2018. A bioeconomic model for multi value chain for hillside organic farming with water reservoirs. (en preparación)
- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias en este documento



Evaluación de diferentes instrumentos de adaptación del sector agrícola en Guanacaste

Mathilde Larghi

Grégoire Leclerc, Bruno Barbier

Resumen

Se realizó una caracterización de 61 pequeños productores respecto de la tipología de los sistemas agrícolas, su percepción en cuanto a la sequía y a las adaptaciones posibles, y su percepción de la utilidad de los pronósticos climáticos. Estos resultados, sumado a otra información disponible, permitió tener los insumos para un modelo bio-económico que se desarrolló para valorar los instrumentos de adaptación que son: el riego, los pronósticos climáticos, y los seguros de cosecha.


Se realizaron simulaciones de una finca típica de la región con diferentes combinaciones de instrumentos: irrigación, seguro sobre el arroz, préstamo bancario e irrigación + seguro; todas en situación de igual probabilidad y 5 situaciones climáticas. Esta metodología resultó útil para la evaluación costo-beneficio *ex ante* de los instrumentos de adaptación para fincas específicas.

A tener en cuenta

- Se caracterizó a un pequeño grupo de productores en cuanto a sus sistemas agrícolas y percepción del cambio climático y uso de pronósticos climáticos
- Se desarrolló un modelo bio-económico que genera planes de producción y su valor económico (positivo o negativo) para la adaptación al cambio climático
- El modelo presenta limitaciones y fue generado para un área específica, no obstante, presenta una metodología y potencial de utilización amplia y replicable

Contexto

América Central es reconocida como una de las áreas más afectadas, dentro de la cual, la Provincia de Guanacaste en Costa Rica es la región más comprometida y presenta serios problemas de sequía. El proyecto FuturAgua cree en la importancia de generar pronósticos climáticos que facilite la toma de decisiones con información confiable para mejorar la resiliencia a la sequía, y tiene como objetivo entender las respuestas humanas e institucionales ante la variabilidad climática y encontrar soluciones



para apoyar a actores locales relacionados con la gestión del agua a mitigar los efectos negativos del cambio climático. Esta investigación tuvo por objeto estudiar las respuestas del sector agropecuario a situaciones de sequía, considerando que la agricultura es la segunda fuente de ingresos de esta región, en la cual el 45% de la población vive en ambiente rural (INEC 2011).

Métodos

A fin de representar lo mejor posible la producción de Guanacaste, se enfocó el trabajo sobre los pequeños productores, y se seleccionó dos cuencas hidrográficas; una en el sur, “Cuenca Potrero-Caimital” y otra más al norte de la región, “Cuenca Sardinal”. Se consultó a 61 productores respecto de la tipología de los sistemas agrícolas, la percepción de la población en cuanto a la sequía y a las adaptaciones posibles, y su percepción relacionada con la utilidad de los pronósticos climáticos.

En base a la información colectada en campo, se creó un modelo bio-económico de un sistema de producción tipo con el software GAMS. El modelo estima qué superficies, qué cultivos y qué composición de la cuadrilla permite maximizar la renta bajo restricciones de la finca y para varios instrumentos que son el riego, los pronósticos climáticos, los seguros de cosecha y el crédito bancario. Una comparación simple de los resultados de cada simulación da el valor económico (positivo o negativo) de tal instrumento respecto a una línea base.

Se realizaron las simulaciones para una finca con características estándar en la cuenca Potrero-Caimital: 10ha de superficie propia (con posibilidad de arrendar 10ha), capital de inversión de 200.000 colones/año (~US\$340) y un ingreso mínimo de 1.000.000 colones/año (~US\$1.700); familia de 5 personas y ganado inicial de dos UBT (que podría por ejemplo representar una vaca, una becerro y un ternero) y una veintena de aves de corral destinadas únicamente al autoconsumo.

Resultados principales

Caracterización de los sistemas de producción

En las dos cuencas, las principales fuentes de ingreso son las jubilaciones y el doble empleo del productor. La mitad de los productores trabaja una superficie inferior a 20ha, y las producciones más frecuentemente observadas son la ganadería extensiva mixta, el maíz y la silvicultura.

La gran mayoría de los productores tienen acceso privado a una fuente de agua, ya sea de un pozo artesanal o desde un río, pero no usan el riego. El pronóstico meteorológico a corto plazo es el más aceptado, y el medio de comunicación más utilizado es la televisión, y el Instituto Meteorológico

Nacional es el informador más conocido y utilizado. Frente al pronóstico de una sequía, el 87% de las reacciones reducen las actividades agrícolas, mientras al pronóstico de un año particularmente lluvioso el 62% adaptan el sistema de producción.

Simulaciones con el modelo bio-económico

La figura 1 muestra la estrategia adoptada, en el modelo, por un productor racional para los diferentes instrumentos propuestos. El riego resulta ser extremadamente rentable, lo que comprueba el interés de este instrumento para la adaptación al cambio climático para este tipo de sistema de producción.

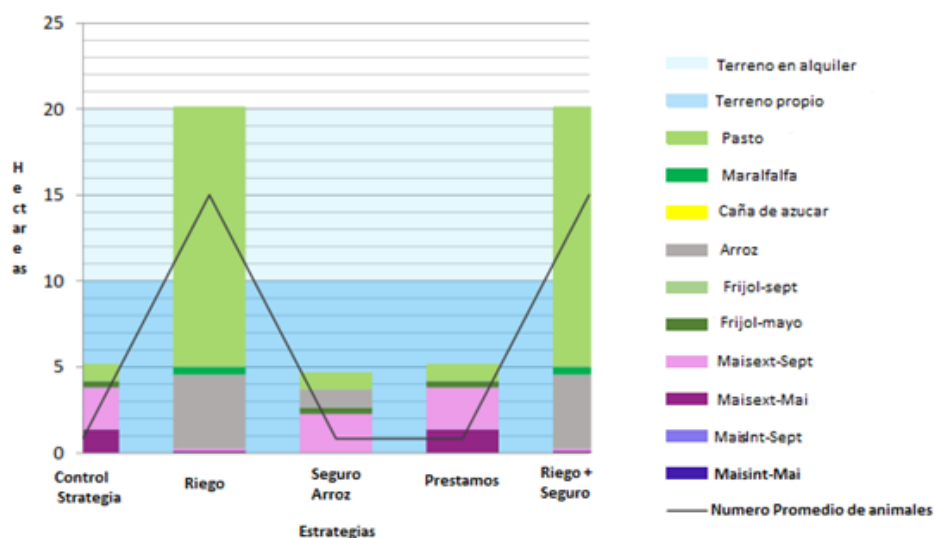


Figura 1: Superficies óptimas para cada cultivo (en ha) según la estrategia propuesta por el modelo para los 4 instrumentos de adaptación.

El préstamo no está adoptado en la situación de referencia (sin riego), porque la tasa de interés es demasiado alta (20%) y el riesgo demasiado elevado.

En el modelo las situaciones de clima extremo (seco o húmedo) están definidas con no favorables para la agricultura, con rendimientos casi nulos para los cultivos. Las simulaciones muestran que el productor deberá reducir las superficies cultivadas, reduciendo la carga animal, y buscando un empleo a fuera de la finca. En caso de año lluvioso la estrategia es similar a la situación de referencia, aumentando cultivos de bajos insumos e inversión respondiendo bien a una buena pluviometría. En caso de predicción de año más seco que lo normal, el modelo aumenta la carga animal y los pastos, manteniendo maíz-frijol para

el autoconsumo. Sin riego o seguro de cosecha, solo se mantiene un poco de arroz extensivo para autoconsumo.

Sin embargo, el riesgo de un error de pronóstico puede ser elevado, y el modelo permite evaluarlo comparando los ingresos netos de la finca para las 5 situaciones climáticas posibles (Figura 2).

		PREVISIONES				
		Extrema Lluvia	Lluviosa	Normal	Seca	Etrama Seca
R E A L I D A	Extrema lluvia	22%	17%	-27%	-29%	30%
	Lluvioso	-7%	82%	-22%	-58%	22%
	Normal	-4%	23%	68%	-28%	-43%
	Seca	2%	-18%	-22%	86%	22%
	Extrema seca	21%	-17%	-31%	0%	56%


Figura 2: Valor económico de la predicción estacional, en porcentaje de ganancia o pérdida respecto a la situación de referencia (sin previsión).

Aplicación

A pesar de una cierta falta de entusiasmo por los pronósticos climáticos provistos hasta la fecha, los productores del área están enterados del cambio climático y desean cambiar sus sistemas productivos en caso de un pronóstico de sequía.

Sin embargo, esta conclusión es moderada por el trabajo de modelación, ya que éste muestra que en caso de error en el pronóstico climático se puede generar una pérdida de ingresos. Esto lleva a cuestionar la comunicación de los pronósticos sin un sistema adecuado de entrenamiento y acompañamiento, ya que las pérdidas económicas pueden hacer la operación de los sistemas productivos más vulnerables.

Este estudio ofrece una demostración del potencial del modelaje bio-económico en la búsqueda de soluciones de adaptación óptimas para la variabilidad climática. Aún es necesario mejorar los datos de entrada del modelo para enriquecerlo y acercarlo más a la realidad; sin embargo, la metodología propuesta permite valorar, con el usuario final en mente, los instrumentos que se ofrecen para la sostenibilidad de la pequeña agricultura en Guanacaste.



Mayor descripción de resultados e información puede ser encontrada en:

- Larghi, M. 2014. Adaptación a la variabilidad Climática: evaluación de diferentes medidas de adaptación en el sector agrícola de Guanacaste, Costa Rica. M. Sc. Tesis. Ecole Nationale Supérieure d' Agronomie et des Industries Alimentaires. 75p
- Larghi, M, Barbier B, Leclerc, G. 2018. Comment réduire le risque climatique ? Evaluation ex ante d'instruments d'adaptation pour la petite agriculture du Guanacaste, au Costa Rica. *Economie rurale* (enviado para publicación)
- Lista de publicaciones de FuturAgua en este documento
- Lista de referencias en este documento



Toma de Decisión Estructurada

Tim McDaniels

Jennifer Romero Valpreda

Resumen

Se llevará a cabo un taller con los actores locales, en el que se realizará un proceso estructurado de toma de decisiones para ayudar a proporcionar una base para una futura planificación detallada en la región. Se presentará un conjunto de posibles estrategias; cada una compuesta de una serie de medidas que podrían implementarse. La información se presenta en 4 matrices, a nivel municipal (hogar). Existen dos tipos de alternativas: basada en políticas (alternativas suaves) y basada en infraestructura (alternativas duras). También hay dos contextos: alternativas para gestionar la demanda y alternativas para mejorar el suministro. Durante el taller, las partes interesadas indicarán cuáles de las acciones específicas serían aceptables y cuáles prefieren más.

A tener en cuenta

- La toma de decisiones estructurada (SDM, por sus siglas en inglés) es un enfoque para identificar alternativas, evaluar intercambios y tomar decisiones en situaciones complicadas. Es un proceso flexible, y sus pasos secuenciales son el encuadre de problemas, la obtención de objetivos, el desarrollo de alternativas, la evaluación de las consecuencias y la decisión y la adopción de medidas
- La pregunta general a tratar es: ¿Cuáles son las mejores estrategias de gestión del agua para lograr la seguridad hídrica (resiliencia a la sequía) en la región de Nicoya-Guanacaste?
- El proceso de SDM no tiene como objetivo proporcionar un plan detallado para la gestión del agua de la región, sino proporcionar una base para planificar estrategias que ayuden a enfrentar la sequía
- La información proporcionada para el proceso de SDM se basa en alternativas ya implementadas en todo el mundo, y en la investigación de FuturAgua

Contexto

Dados los problemas de sequía en la provincia de Guanacaste, se han tomado muchas medidas para enfrentarla, pero aún existen muchas otras posibilidades que podrían implementarse. Estas varían en complejidad, costo, factibilidad, aceptación, alcance, impacto, riesgo y compensaciones. FuturAgua se orientó hacia la investigación científica y la sequía en general, por lo que puede proporcionar algunos insumos necesarios para una mejor evaluación de posibles alternativas para implementar, a fin de hacer frente a la sequía. FuturAgua no puede proporcionar un plan detallado para la gestión del agua de la región, pero proporcionará información científica y facilitará un proceso para definir las mejores estrategias y medidas a implementar, de acuerdo con las prioridades y el contexto locales.

Métodos

Utilizando un enfoque estructurado para la toma de decisiones, se realizará un taller con las partes interesadas en Nicoya, Guanacaste. Para este taller, inicialmente nos centraremos en los problemas del agua municipal. La pregunta general a tratar es: ¿Cuáles son las mejores estrategias de gestión del agua para lograr la seguridad hídrica (resiliencia a la sequía) en la región de Nicoya-Guanacaste? Los objetivos que definen la estrategia ideal (conjunto de acciones) son:

- Mejorar la cantidad y suficiencia de agua disponible para los usuarios durante los periodos secos
- Mantener bajos los costos de suministro de agua
- Asegurar acciones que sean fáciles de implementar
- Evitar efectos adversos para la salud humana
- Mejorar la salud de los sistemas ecológicos
- Mejorar la equidad al acceso del agua
- Equidad en el acceso al agua dentro de los grupos de usuarios
- Equidad en el acceso del agua en tres grupos de usuarios (evitar efectos adversos sobre la disponibilidad de agua para otros)

Por lo tanto, las mejores alternativas serían las que encajan con todos estos objetivos. Realizamos un estudio de los esfuerzos de manejo de la sequía en América Latina y en otras partes del mundo. A partir de ese trabajo, hemos compilado una lista de alternativas; no es probable que existan alternativas perfectas que logren todo a la vez, por lo que es nuestro rol informar sobre los pros y los contras de estas alternativas, y es el papel de los participantes indicar cuáles piensan que son acciones sabias y sensatas para los municipios en la región.


Existen dos tipos generales: alternativas que involucran infraestructuras y alternativas que involucran políticas. También hay dos contextos: alternativas para gestionar la demanda y alternativas para mejorar el suministro. Resumimos estas alternativas en grupos, y creamos matrices donde estas alternativas se enfrentan a los objetivos mencionados anteriormente.

A. Inversiones en infraestructura

A.1 Para manejar la demanda	A.2 Para aumentar el suministro
<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en dispositivos domiciliarios (ej. duchas de baja presión) • Igualar la presión de los sistemas en las casas • Reutilización de agua residual para uso fuera del domicilio 	<ul style="list-style-type: none"> • A partir del sistema existente, a través de la reparación de fugas • Extender las tuberías hacia comunidades que aún no cuentan con ellas • A partir de la cosecha de agua lluvia • Mayor extracción de agua subterránea • A partir de la recarga de estanques para agua subterránea (crear más infiltración) • A partir de una mayor extracción del agua superficial desde ríos • Plantas desalinizadoras en áreas costeras

B. Medidas Políticas

B.1 Para manejar la demanda	B.2 Para aumentar el suministro
<ul style="list-style-type: none"> • Campañas de información para la realización de actividades voluntarias que minimicen el uso del agua • Incrementos de precio sobre un nivel de satisfacción de demanda básico • Cortes temporales durante emergencias hídricas 	<ul style="list-style-type: none"> • Regular y registrar los pozos ilegales/artesanales • Mejorar la capacitación y el manejo de las ASADAS • Desarrollar reglas específicas de distribución del agua (definir prioridades) • Desarrollar planes para actividades de corto plazo para emergencias hídricas • Mejorar la regulación y el control de las licencias otorgadas



Luego, agrupamos estas diferentes acciones en algunas estrategias generales que serán revisadas durante el taller:

A: *Status quo*

B: Compromiso extremo de inversiones y cambios en las políticas

C: Enfoque incremental / adaptativo para municipios

D: Enfoque orientado a la conservación para los municipios

E: Enfoque orientado a la conservación, junto a extracciones de ríos -de ríos existentes y quizás desde el río Tempisque

F: Enfoque orientado a la conservación además de planta de desalinización con energía solar

Resultados principales y aplicación

Idealmente, al finalizar el taller, los participantes considerarán las alternativas y acciones específicas que encontrarían aceptables y cuáles prefirieron más. Nuestro objetivo es proporcionar soporte de decisión, comprensión del sistema y marcos de elección para resolver problemas, aprender y descubrir, en relación con la seguridad hídrica.

Más información sobre los resultados de FuturAgua pueden ser encontrados en:

- Lista de publicaciones de FuturAgua, en este documento
- Lista de referencias en este documento

Lista de Publicaciones

Tesis	Año	Autor	Institución
Adaptation a la variabilité climatique: Evaluation de différents outils d'adaptation du secteur agricole au Guanacaste, Costa Rica	2014	Larghi, M.	CIRAD
Adaptación a la variabilidad Climática: evaluación de diferentes medidas de adaptación en el sector agrícola de Guanacaste, Costa Rica	2014	Larghi, M.	CIRAD
Exploring and Bridging Group Divides in Climate Communications	2017	Babcock, M.	CMU
For love or money: Harnessing environmental values and financial incentives to promote conservation stewardship	2017	Olmsted, P.	UBC

Manuscritos/Papers	Año	Autor	Revista científica	Institución	Publicación
Climate change and habitat conversion favour the same species	2016	Frishkoff, L. O., Karp, D. S., Flanders, J. R., Zook, J., Hadly, E. A., Daily, G. C., M'Gonigle, L. K.	Ecol Lett, 19: 1081–1090	UBC	
Developing a Hydrologic Monitoring Network in Data-Scarce Regions Using Open-Source Arduino Dataloggers	2016	Hund, S. V., Johnson, M. S., & Keddie, T.	Agricultural & Environmental Letters, 1(1)	UBC	
Stakeholder perceptions of water systems and hydro-climate information in Guanacaste, Costa Rica	2016	Babcock, M., Wong-Parodi, G., Small, M.J., Grossmann, I.	Earth Perspectives (2016) 3: 3	CMU	

Manuscritos/Papers	Año	Autor	Revista científica	Institución	Publicación
Identifying the potential of governance regimes to aggravate or mitigate local water conflicts in regions threatened by climate change	2016	Kuzdas, C., Warner, B., Wiek, A., Yglesias, M., Vignola, R., Ramírez-Cover, A.	Local Environment, 21:11, 1387-1408	CATIE	
Sustainability assessment of water governance alternatives: the case of Guanacaste Costa Rica.	2016	Kuzdas C., Warner, B., Wiek, A., Vignola,R., Yglesias, M., Childers D.L.	Sustain Sci (2016) 11:231–247	CATIE	
Statistical Modelling of Annual Rainfall Pattern in Guanacaste, Costa Rica	2016	Ofir Harari, Rachel M. Altman, Nadya Moisseeva, Douw Steyn and William J. Welch	International Journal of Climate	UBC	
Challenges for involving water stakeholders in educational and decision-making participatory processes supported by ABM	2016	Bautista Solis, P., Belmin, C., Bommel, P., Leclerc, G., Antona, M.	Water	CATIE	
Companion modelling contribution for understanding and supporting water management decisions in the climate change context	2015	Bautista-Solís, P., Bommel, P., & Belmin, C.		CIRAD	Fora: Adaptation strategies for climate change in agriculture, Heredia, Costa Rica
Understand and support hydric resources management decisions under a context of climate		Bommel, P., Belmin, C., Bautista-Solís, P., Leclerc, G.		CIRAD	II Congress of Agricultural Economics and

Manuscritos/Papers	Año	Autor	Revista científica	Institución	Publicación
change. A companion modelling approach for Nicoya, Guanacaste, Costa Rica					Agribusiness, San Jose, Costa Rica
Achieving water security through community-based agreements in rural Northwestern Costa Rica	2016	Bautista-Solís, P., Bommel, P., Campos, X., Suarez, A., & Leclerc, G.		CIRAD	Paper presented at the AGU Fall Meeting 2016, San Francisco, US
The necessary burden of involving stakeholders in agent-based modelling for education and decision-making	2016	Bommel, P., Bautista-Solís, P., Leclerc, G., Belmin, C., Morataya, R., Antona, M.		CIRAD	AGU Fall Meeting 2016, San Francisco, US
Challenges for involving water stakeholders in educational and decision-making participatory processes supported by ABM	2016	Bautista-Solís, P., Belmin, C., Leclerc, G., Antona, M., Morataya, R., Bommel, P.		CIRAD	Paper presented at the Environmental modelling and software for supporting a sustainable future. IEMSS 2016, Toulouse, France
Temporal and Spatial Variability of Annual Rainfall Patterns in Guanacaste, Costa Rica	2016	Steyn, D., Moisseeva, N., Harari, O., Welch, W. J.		UBC	

Manuscritos/Papers	Año	Autor	Revista científica	Institución	Publicación
Relational values resonate broadly and differently than intrinsic or instrumental values, or the New Ecological Paradigm	2017	Klain, S. C., Olmsted, P., Chan, K. M., Satterfield, T		UBC	
Agriculture erases climate-driven β -diversity in Neotropical bird communities	2017	Karp, D., Frishkoff, L.O., Echeverri Ochoa, A., Zook, J., Juárez, P. J., Chan, K. M.		UBC	
Bimodal seasonal rainfall model for evaluating longterm climate model projections	2017	Almutairi, B., Grossmann, I., Small, M.	International Journal of Climatology (in review)	CMU	

Posters	Año	Autor	Institución	Publicación
FuturAgua	2014	FuturAgua	FuturAgua	www.futuragua.ca
FuturAgua	2014	FuturAgua	FuturAgua	www.futuragua.ca
FuturAgua –for AGU 2014	2014	FuturAgua	FuturAgua	www.futuragua.ca
Ex-ante evaluation of agricultural adaptation tools for drought CSA 2015	2015	Larghi <i>et al</i>	CIRAD	CSA Global Science Conference 2015. Montpellier, France
Evaluación <i>ex ante</i> de herramientas de adaptación en agricultura para pequeños productores de Guanacaste, Costa Rica	2016	Larghi <i>et al</i>	CIRAD	CSA Global Science Conference 2015. Montpellier, France
Management of freshwater resources given stakeholders' perceptions	2014	Wong-Parodi, G., Babcock, M., Small, M., Grossmann, I.	CMU	AGU 2014. San Francisco, US
Enhancing adaptation and resilience to drought in dry tropical socio-ecological systems: The Guanacaste, Costa Rica example	2014	McDaniels, T., Babcock, M., Chan K. M., Grossmann, I. Hund, S., Johnson, M.S., Larghi, M., Leclerc, G., 2, Olmsted, P., Romero, J., Small, M., Steyn, D., Vignola, R., Wong-Parodi, G.	FuturAgua	AGU 2014. San Francisco, US
Eliciting climate experts' knowledge to address model uncertainties in regional climate projections: A case study of Guanacaste, Northwest Costa Rica (GC13F-0728)	2014	Grossmann, I.	CMU	AGU 2014. San Francisco, US
Hydrologic monitoring using open-source Arduino logging platforms in a socio-hydrological system of the drought-prone tropics, Guanacaste, Costa Rica	2015	Hund, S., M.S. Johnson, M.S., Steyn, D., Keddie, T., Morillas, L.	UBC	AGU, 2015, San Francisco

Presentaciones	año	Autor	Institución	Publicación
Fortalecimiento participativo de las capacidades de toma de decisión colectiva en acueductos rurales de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica	2016	Bautista-Solís, P., Bommel, P, Leclerc, G., Campos X., Suárez, A.	CATIE/CIRAD/UNA	Interno
The necessary burden of involving stakeholders in agent-based modelling for education and decision-making	2014	Bommel, P., Bautista-Solís, P., Belmín, C., Leclerc, G., Antona, M., Morataya, R.	CIRAD	AGU 2014. San Francisco, US
Achieving water security through community-based agreements in rural Northwestern Costa Rica		Bautista-Solís, P., Bommel, P., Campos, X., Suárez, A., Leclerc, G.	CIRAD	
Diseño experimental para monitoreo Eco-hidrológico	2015	Morillas, L.	UBC	
Adaptation to climate variability: Evaluation of adaptation tools for the agricultural sector in Guanacaste, Costa Rica	2015	Larghi, M., Barbier, B., Leclerc, G.	CIRAD	
Avances de investigación	2015	Small, M., Grossmann, I. Wong-Parodi, G.	CMU	
Avances de investigación	2015	Vignola, R., Leclerc, G.	CATIE/ CIRAD	Interno
Avances de investigación	2015	Romero, J.	UBC	Interno
Actividades de apoyo a FuturAgua	2015	Campos, X.	Stakeholders	Interno

Presentaciones	año	Autor	Institución	Publicación
Stakeholder perceptions and use of forecast information in Guanacaste, Costa Rica	2016	Babcock, M.	CMU	Interno
Climate Scenarios for North West Costa Rica within the FuturAgua project	2016	Grosmmann, I.	CMU	Interno
Temporal (and Spatial) Variability of Annual Rainfall Pattern in Guanacaste, Costa Rica	2016	Steyn, D.	UBC	Interno
A tale of two surveys: Incentives, Motivation, and Values associated with Sustainable Practices in Guanacaste	2016	Olmsted, P.	UBC	Interno
Agricultural water use, crop water footprints and irrigation strategies in the seasonally dry Guanacaste region in Costa Rica	2017	Morillas, L. Johnson, M., Hund, S., Steyn, D.	UBC	EGU 2017
Socio-Hydrological model to inform community adaptation to seasonal drought and climate variability in rural agricultural watersheds in Costa Rica	2017	Hund S., Johnson, M., Morillas L., McDaniels, T, Romero J., Allen D.	UBC	AGU 2017, New Orleans

Presentaciones	año	Autor	Institución	Publicación
Carbon and water fluxes and footprints in tropical agricultural systems under rainfed and irrigated conditions	2017	Johnson, M. S., Lathuilliere, M.J., Morillas, L., Dalmagro, H. J., D'Acunha, B., Kim, Y., Suárez, A., Couto, E.G.	UBC	AGU 2017, New Orleans
Freshwater security in agricultural watersheds of the wet-dry tropics, Guanacaste, Costa Rica	2016	Hund, S.V., Johnson, M. S., Morillas, L., Allen D.M.	UBC	AGU 97(52): Fall Meet. Suppl., Abstract H33E-1579, Dic. 12-16, San Francisco
Integrating socio-hydrology with ecohydrology to evaluate freshwater security in relation to multiple, interacting stressors in a drought-prone tropical region	2016	Johnson, M.S., Hund, S., Morillas, L., Steyn, D.	UBC	Annual Meeting of the American Association of Geographers, San Francisco
Payments for Ecosystem Services and Adaptation in Costa Rica	2014	Olmsted, P.	UBC	Institute for Resources, Environment and Sustainability Symposium. Vancouver BC, Abril 10, 2014

Informes	Año	Autor	Institución	Publicación
Reporte de medio término	2014	Romero, J.	FuturAgua	www.futuragua.ca
Transparencia: Descripción de gastos	2014	Romero, J.	FuturAgua	www.futuragua.ca
Transparency: Budget description	2015	Romero, J.	FuturAgua	www.futuragua.ca
Belmont Forum questionnaire	2016	Romero, J.	FuturAgua	www.futuragua.ca

Boletines	Año	Autor	Institución	Publicación
Boletín 1: Juntos por el uso y manejo adecuado del agua en la región	2015	FuturAgua	FuturAgua	www.futuragua.ca
Boletín 2: Juntos por el uso y manejo adecuado del agua en la región	2016	FuturAgua	FuturAgua	www.futuragua.ca

Notas de Investigación (cada una con versión y resúmenes en inglés y español)	Año	Autor	Institución	Publicación
Desarrollando una red de monitoreo hidrológico en zonas carentes de datos usando registradores de datos de código abierto de Arduino	2017	Hund, S. <i>et al</i>	UBC	www.futuragua.ca
Variabilidad espacial y temporal de los patrones de lluvia anual en Guanacaste, Costa Rica	2017	Steyn, D.	UBC	www.futuragua.ca
Percepción de los actores locales y el Uso de Pronósticos	2017	Babcock, M. <i>et al</i>	CMU	www.futuragua.ca
Considerando valores y actitudes al desarrollar programas de incentivos en comunidades rurales y más allá	2017	Olmsted, P., <i>et al</i>	UBC	www.futuragua.ca
Impacto sobre el agua por los turistas y nuevas formas de financiamiento para la conservación en Guanacaste	2017	Olmsted, P., <i>et al</i>	UBC	www.futuragua.ca
Cormas, una plataforma multiagente para la modelización interactiva	2018	Bommel, P. <i>et al</i>	CIRAD	www.futuragua.ca

Referencias

Clima, uso del agua y sus impactos sobre los recursos hídricos superficiales y subterráneos interconectados - Silja Hund et al

- Grossmann, I. and AlMutairi, B. Scenarios of future precipitation changes in Northwest Costa Rica using expert assessment and model projections (to be published in Wiley Interdisciplinary Reviews Climate Change -journal)
- Hund, Silja V., Mark S. Johnson, and Tom Keddie. 2016. "Developing a Hydrologic Monitoring Network in Data-Scarce Regions Using Open-Source Arduino Dataloggers." *Agricultural & Environmental Research Letters* 1 (1): 1–5. doi:10.2134/ael2016.02.0011.
- Jasechko, Scott, and Richard G Taylor. 2015. "Intensive Rainfall Recharges Tropical Groundwaters." *Environmental Research Letters* 10 (12). IOP Publishing: 124015. doi:10.1088/1748-9326/10/12/124015.
- Steyn, Douw, Nadya Moisseeva, Ofir Harari, and William J. Welch. 2016. "Temporal and Spatial Variability of Annual Rainfall Patterns in." *Futura Agua Internal Project Report*. <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/facultyresearchandpublications/52383/items/1.03403> 18.
- Taylor, Richard G., Martin C. Todd, Lister Kongola, Louise Maurice, Emmanuel Nahozya, Hosea Sanga, and Alan M. MacDonald. 2012. "Evidence of the Dependence of Groundwater Resources on Extreme Rainfall in East Africa." *Nature Climate Change* 3 (4). Nature Publishing Group: 374–78. doi:10.1038/nclimate1731.

Dinámicas de uso del agua en fincas agrícolas intensivas de la Provincia de Guanacaste, Costa Rica - Laura Morillas & Mark Johnson

- Censo Agropecuario Nacional de Costa Rica .2014
- De Camino Velozo R., Villalobos R., Morales Aymerich J.P. (2016) Costa Rica Case Study. State of the World's Forests (SOFO). FAO.
- Hidalgo HG, Amador JA, Alfaro EJ, Quesada B (2013) Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology*, 495, 94–112.
- Hoekstra AY, Chapagain AK, Aldaya MM, Mekonnen MM (2011) The water footprint assessment manual. Setting the global standard. Earthscan, London.

Percepciones sobre el sistema hídrico y las respuestas a la sequía- Matthew Babcock et al

- Hansen JW, Marx SM, Weber EU (2004) The role of climate perceptions, expectations, and forecasts in farmer decision making: The Argentine Pampas and South Florida. International Research Institute for Climate Prediction Technical report 04-01. The Earth Institute at Columbia University.
- Klima K, Bruine de Bruin W, Morgan MG, Grossman I (2012) Public Perceptions of Hurricane Modification. *Risk Anal* 32:7, 1194-1206.

Kuzdas, C., Wiek, A., Warner, B., Vignola, R., & Morataya, R. (2014). Sustainability appraisal
Morgan MG, Fischhoff B, Bostrom A, Atman CJ (2002). Risk Communication: A Mental Models Approach.
Cambridge University Press, New York.

Incrementando la toma de conciencia sobre el impacto en el agua por turistas, y nuevas formas de atraer fondos para conservación - Paige Olmsted *et al*

Van Noorloos, F. (2011). Residential tourism causing land privatization and alienation: New pressures on Costa Rica's coasts. *Development*, 54(1), 85-90

World Travel and Tourism Council - WTTC. (2016). Economic Impact Costa Rica, 2015

Valores y actitudes al desarrollar programas de incentivos – Paige Olmsted *et al*

Evans, S. (2010). *The green republic: A conservation history of Costa Rica*. University of Texas Press.

Greiner, R., & Stanley, O. (2013). More than money for conservation: exploring social co-benefits from PES schemes. *Land use policy*, 31, 4-10

Análisis de actores en los conflictos por el recurso hídrico - Raffaele Vignola & Pável Bautista

Kuzdas C (2012) Unpacking water conflict in Guanacaste, Costa Rica: Why some conflicts escalate, why some remain intractable, and why we can be optimistic about the future. Global Water Forum of UNESCO Discussion Paper 1242. Available at:

[http://www.globalwaterforum.org/2012/10/16/unpacking?water?conflict?in?guanacaste?costa Rica/](http://www.globalwaterforum.org/2012/10/16/unpacking?water?conflict?in?guanacaste?costa%20Rica/)

Vignola R, McDaniels TL, Scholz RW (2012) Negotiation analysis for mechanisms to deliver ecosystem services: The case of soil conservation in Costa Rica. *Ecological Economics* 75: 22-31).

Este resumen de investigación es financiado por “Connection Grants” –
Social Sciences and Humanities Research Council (SSHRC), Canadá.

<http://www.sshrc-crsh.gc.ca/>

