



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS**

DEPENDENCIA: DESARROLLO FÍSICO

**INFORME DE VIAJE AL EXTERIOR
DEL 04 DE AL 08 DE MARZO DE 2018**

“XVI Simposio Bienal sobre Recarga Acuifera Gestionada (BSMAR 16)”

fecha: 20 de marzo de 2018

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS DIRECC. DE COOPERACION Y ASUNTOS INTERNACIONALES - DCAI -
	20 MAR 2018 7:19
Recibido por:	

TABLA DE CONTENIDOS

1.	Ficha informativa	1
2.	Introducción	1
3.	Objetivos	1
4.	Desarrollo del Informe	2
5.	Conclusiones	6
6.	Observaciones	7
7.	Anexos	8

1. Ficha informativa:

País y ciudad visitado: Estados Unidos de América, San Diego, California.

Fecha de la visita: 04 al 08 de marzo de 2018

Funcionario de misión AyA: José Pablo Bonilla Valverde

Motivo del viaje: participación en el XVI Simposio Bienal sobre Recarga Acuífera Gestionada (BSMAR 16)

Contacto en el lugar de misión: *Vanessa Henderson (office@grac.org)*

2. Introducción

El simposio bienal sobre recarga acuífera gestionada (BSMAR, siglas en inglés) es uno de los eventos de mayor relevancia en el tema a nivel mundial. El simposio es organizado por la Asociación de Recursos Hídricos Subterráneos de California (GRA, siglas en inglés) y la Sociedad Hidrológica de Arizona (AHS, siglas en inglés). Desde 1978 se han realizado 16 ediciones.

El 16vo BSMAR se celebró en la ciudad de San Diego, California entre los días 5 y 7 de marzo del presente. El evento consistió de dos cursos previos al simposio el día 5 de marzo y presentaciones simultaneas los días 6 y 7 de marzo como parte del simposio. Las sesiones simultaneas se enfocaron en temas como: MAR en Arizona, California y a nivel mundial, técnicas de inyección y recuperación, métodos de evaluación, uso conjuntivo del agua y recarga de agua pluvial.

El AyA participó en el evento con una presentación del Ing. José Bonilla, en la cual expusieron los principales resultados de la investigación doctoral del Ing. Bonilla en las oportunidades de la recarga acuífera gestionada en el país- Esta investigación es de interés institucional de acuerdo al oficio SGG-2014-1314. La presentación del Ing. Bonilla se tituló: Oportunidades de recarga acuífera gestionada en Costa Rica.

3. Objetivos

- General:
 - Compartir experiencias sobre el desarrollo de capacidades, prioridades, tecnologías y estrategias emergentes para los desafíos que enfrenta el mundo de la recarga acuífera gestionada.

- Específicos:
 - Presentaciones con los últimos avances tecnológicos y operativos de la recarga acuífera gestionada en EE.UU. y el mundo.
 - Paneles de discusión alrededor de las últimas herramientas y tecnologías de la recarga acuífera gestionada con expertos internacionales.
 - Oportunidad para la creación de redes de cooperación con la academia, empresas y organismos gubernamentales locales (EE.UU.) e internacionales.

4. Desarrollo del Informe

- Antecedentes

El simposio bienal sobre recarga acuífera gestionada (BSMAR, siglas en inglés) es uno de los eventos de mayor relevancia en el tema de la recarga acuífera gestionada a nivel mundial, dedicándose exclusivamente a compartir experiencias sobre el desarrollo de capacidades, prioridades, tecnologías y estrategias emergentes para los desafíos que enfrenta el mundo de la recarga acuífera gestionada (MAR). El otro evento de igual relevancia es el simposio internacional sobre recarga acuífera gestionada (ISMAR) de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH, siglas en inglés). La última edición de este último, ISMAR9, se celebró en México en el 2016, en conjunto con el BSMAR 15. La unión de estos eventos se había dado antes, en el 2007, cuando en la ciudad de Phoenix, Arizona, EE.UU. se llevó a cabo en conjunto el BSMAR 13 y el ISMAR 6.

El simposio es organizado por la Asociación de Recursos Hídricos Subterráneos de California (GRA, siglas en inglés) y la Sociedad Hidrológica de Arizona (AHS, siglas en inglés). El simposio tiene una larga historia, desarrollándose desde 1978 bianualmente intercambiando la sede entre los estados de Arizona y California. A la fecha se han realizado 16 ediciones del simposio. En esta ocasión el BSMAR16 se celebró en la ciudad de San Diego, California entre los días 5 y 7 de marzo del presente. El AyA recibió la invitación para compartir sus conocimientos en el tema con la comunidad internacional.

El AyA respondió a la invitación realizada para presentar el estado del arte en la recarga acuífera gestionada en el país. Esta invitación se atendió con participación del Ing. José Pablo Bonilla Valverde, quien presentó los principales resultados de su investigación doctoral. La investigación doctoral del Ing. Bonilla está catalogada como de interés institucional (oficio SGG-2014-1314). La invitación se realizó por parte del comité organizador del BSMAR16 y la Universidad Técnica de Dresde (TUD, siglas en alemán). La TUD corrió con los gastos de inscripción, estadía y alimentación del Ing. Bonilla. La presentación se titula: oportunidades de recarga de acuíferos gestionada en Costa Rica.

- Agenda de la actividad

El evento consistió de tres cursos, conferencias magistrales (simposio) y una gira. Dos cursos se celebraron previos al simposio y otro después del mismo. La gira se realizó paralelamente a uno de los cursos pre-congreso, en la tarde del lunes 5 de marzo.

Los cursos previos al simposio se llevaron a cabo el día 5 de marzo, uno por la mañana y el otro por la tarde. El primero se enfocó en la identificación y solución de asuntos técnicos con la inyección de agua en acuíferos y el segundo en el estado del arte en la caracterización, construcción y operación de proyectos de infiltración superficial. El curso post-congreso se enfocó en la simulación numérica de proyectos de recarga acuífera gestionada.

El simposio por su parte se celebró los días 6 y 7 de marzo. Consistió de una sesión de apertura con cuatro charlas magistrales en un solo salón, y este fue seguido presentaciones simultaneas durante los demás días. Las sesiones simultaneas del día 6 de marzo se enfocaron en: MAR en California, técnicas de inyección y recuperación (ASR, siglas en inglés), métodos de evaluación y MAR en Arizona. Las sesiones simultaneas del 7 se enfocaron en: MAR a nivel mundial, uso conjuntivo del agua y recarga con agua pluvial.

La visita técnica se realizó lunes 5 de marzo por la tarde, donde se visitó la planta desalinizadora Carlsbad.

- Desarrollo de la Agenda: Sesiones (Diarias)

5 de marzo	
8:00-12:00	Aquifer Storage Recovery (ASR): How to Identify and Resolve Technical and Other Issues Associated with Successful Groundwater Recharge Through Wells
1:00-5:00	State of the Art Techniques in Characterizing, Constructing and Operating Optimum Surface Spreading Groundwater Recharge Projects
6 de marzo	
7:00 a.m.	Registro
8:00 a.m.	Bienvenida
8:10-8:35	California Department of Water Resources Flood Managed Aquifer Recharge (FMAR) Initiative
8:35-9:00	Conditions for Maximizing On-Farm Groundwater Recharge with Flood Flows: A Case Study for the South American and Cosumnes Groundwater Sub-basins

9:00-9:25	An integrated approach toward groundwater banking in the southern Central Valley, California	
9:25-9:50	An Integrated Program to Enhance Groundwater Supplies through Infiltration of Stormwater: Progress and Challenges in Incentivizing Sustainability	
9:50-10:00	Sponsor & Exhibitor Introductions	
10:00-10:30	Pausa	
	<u>California MAR</u>	<u>ASR</u>
10:30-10:55	Groundwater Recharge Project with Off-Season Irrigation on Agricultural Fields Adjacent to the Cosumnes River and Wilton, CA	Development of an ASR Program in the City of Woodland, CA: Perspectives on Planning, Funding and Implementation
10:55-11:20	Navigating Regulatory Hurdles for Recharge with Various Source Waters in California	Applications of ASR for Subsidence Control and Carbon Capture
11:20-11:45	Maximizing Recharge Capacity for Tulare Irrigation District in Support of Sustainable Groundwater Management	Injection Well Clog Removal Techniques
11:45-12:10	Groundwater Recharge Through Winter Flooding of Agricultural Land	Field and Laboratory Experiments in Artificial Recharge in a Saline Confined Aquifer
12:15-2:10	Herman Bouwer Award Luncheon	
	<u>Evaluation Methods</u>	<u>Arizona MAR</u>
2:15-2:40	Coupling Geophysical Imaging and Reactive Transport Modeling to Evaluate On-Farm Water Recharge Strategies	The Role of Managed Aquifer Recharge in Meeting the Statutory Requirements of the Central Arizona Groundwater Replenishment District
2:40-3:05	Efficient evaluation of surface spreading recharge sites using a new geophysical subsurface imaging system	Meeting Arizona Water Management Objectives with Long-Term Storage Credits
3:05-3:30	Using electrical resistivity to locate coarse-grained sediments for the construction and rehabilitation of recharge basins: then and now	Managing and Operating Aquifer Storage and Recovery (ASR) Wells- An Arizona Case Study- Lessons Learned and Innovations Implemented

3:30-4:00	Pausa	
	<u>Evaluation Methods Cont'd</u>	<u>Arizona MAR Cont'd</u>
4:00-4:25	Evidence for Lateral Groundwater Flow Beneath Recharge Basins	Recharging reclaimed water in Tucson Arizona
4:25-4:50	The Good the Bad and the Ugly: A Review of Surface Spreading Aquifer Recharge Characterization Methods	City of Phoenix Wells Program
4:50-5:15	Managed aquifer recharge through surface spreading methods: Optimization of infiltration process by means of physical models	South Houghton Aquifer Recharge Project in Tucson, Arizona
5:15-7:00	President's Reception and Poster Session	
7 de marzo 2018		
	<u>International MAR</u>	<u>Conjunctive Use</u>
8:00-8:25	A global historical perspective on the advance of managed aquifer recharge	Water Independence Now - The Road to Locally Sustainable Water Resources in a Growing Urban Region
8:25-8:50	Local benefit-cost analysis of recharge enhancement by ephemeral streambed structures for crop irrigation in a hard rock area of Rajasthan, India	Location, Location, Location! The Where of Managed Artificial Recharge Can Be Just as Important as How Much in Achieving Groundwater Sustainability
8:50-9:15	MAR in the Spanish Medina del Campo groundwater body as a tool to meet the objectives of European Water Framework Directive	Updated ASCE/EWRI Guidelines on Managed Aquifer Recharge
9:15-9:40	INOWAS DSS: web-based modeling framework for planning and assessment of managed aquifer recharge schemes	Cadiz Valley Water Conservation, Recovery and Storage Project in San Bernardino, California
9:40-10:10	Pausa	
	<u>International MAR Cont'd</u>	<u>Stormwater Recharge</u>
10:10-10:35	Managed Aquifer Recharge Potential in Peru	Coupling Benefits to Water Quantity and Quality through Stormwater

	Collection Linked to Managed Recharge			
10:35-11:00	Hydrologic Systems Services (HSS) as a Framework for Groundwater Evaluation and Management		Coupling distributed stormwater collection and managed aquifer recharge: Field application, modeling, and implications	
11:00-11:25	Opportunities for managed aquifer recharge in Costa Rica		Managed Aquifer Recharge in the Big Picture of LA's Urban Water Management	
11:25-11:50	Integrating Surface Water and Groundwater through Managed Aquifer Recharge		Reliable stormwater yield for MAR against a background of climate variability	
1:00-4:00	Web-Based Managed Aquifer Recharge Modeling			
	Presentación posters			
	Determination of sulfamethoxazole degradation rate through an in situ experiment simulating aquifer storage and recovery in the North China Plain			
	Integrated Systems Approach to Aquifer and Groundwater Recharge			
	Public Policies for Managed Aquifer Recharge in Sonora, Mexico			
	Stacking the Benefits: Optimizing Replenishment for Community and Natural Resource Values			
	Effect of Pipeline Transit and Environmental Factors on Clogging Rates of Recharge Basins Receiving Advanced Treated Recycled Water			
Leyenda	Título	Eventos sociales	Presentación	Curso

- Visitas realizadas

No se participó de la visita, pues esta era concurrente con el curso precongreso.

5. Conclusiones

- El Simposio Bial sobre Recarga Acuífera Gestionada (BSMAR 16) es uno de los eventos de mayor relevancia a nivel mundial respecto al tema de recarga acuífera gestionada

(MAR; siglas en inglés). Durante el mismo se logró aprender de las experiencias sobre el desarrollo de capacidades en otras partes del mundo, y conocer las prioridades, tecnologías y estrategias emergentes en MAR. Específicamente, en los cursos previos al congreso, que se enfocaron en las dos principales técnicas de recarga: inyección de agua en acuíferos (curso de la mañana) e infiltración superficial (curso tarde).

- La participación en los cursos previos al congreso permitió conocer los criterios para formulación de proyectos y acerca de la identificación y solución de asuntos técnicos respecto a las técnicas de inyección (en el curso de la mañana). El segundo curso profundizó en el estado del arte en la caracterización, construcción y operación de proyectos de infiltración superficial.
- Tanto en el simposio como en la exhibición de proveedores, fue posible conocer y profundizar en los últimos avances tecnológicos y operativos de MAR en EE.UU. y el mundo. Es de especial interés la gestión del agua y las soluciones con MAR que ha implementado el estado de California en los últimos años, especialmente reaccionando ante la sequía. El paralelismo con la realidad costarricense es sorprendente (no hay una verdadera sequía, sino una mala gestión del recurso hídrico).
- La participación activa en las presentaciones y los paneles de discusión durante el simposio permitieron una verdadera transferencia de conocimientos en asuntos como las últimas herramientas y tecnologías de MAR. Es importante señalar el interés de expertos internacionales en las oportunidades de MAR que existen en Costa Rica.
- Se tuvo la oportunidad de intercambiar experiencias con otros profesionales con el objetivo de crear redes de cooperación (academia, empresas y organismos gubernamentales locales e internacionales). Al respecto cabe resaltar el interés de los doctores Mario Lluria y Russell Martin en visitar el país y eventualmente organizar un taller o presentación de sus experiencias en Chile (Lluria) y Australia (Martin). Cabe resaltar el interés del Servicio Geológico de EE.UU. (USGS, siglas en inglés) en el proyecto de investigación en Costa Rica.
- Respecto al último punto, no solo el USGS está interesado, sino que se está trabajando en un taller en la selección de sitios para MAR, basado en la tesis doctoral del Ing. Bonilla. Este último está siendo impulsado por la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH, siglas en inglés), especialmente por el director del grupo de trabajo en MAR, Peter Dillon.

6. Observaciones

Es interesante el paralelismo entre la crisis ocasionada por la sequía en California y el caso de Guanacaste. Si es cierto que existe un déficit del recurso hídrico, este no se gestiona de manera adecuada. Los grandes consumidores, en este caso los agroindustriales, tienen derechos de agua, que se calculan por área, y no se cuantifica el consumo real de recurso hídrico. Un caso extremo en California, es el trasvase de enormes cantidades de recurso hídrico del norte al sur. Si bien, esto ha solventado la crisis, no se ha logrado implementar un enfoque en reducir el consumo, a pesar de estar bien documentado en la academia el cómo lograrlo.

La oportunidad de poder contar con un taller para validar la metodología propuesta en la tesis doctoral de un funcionario del AyA, por parte de la IAH, posicionaría al Instituto dentro de los grandes actores en la gestión del recurso hídrico, junto al IAH e IGRAC-UNESCO.

Es importante señalar la colaboración entre el AyA y la TUD en la participación conjunta en este evento, uno financiando la inscripción, estadía y alimentación y el otro el transporte.

7. Anexos

Se adjunta presentación del Ing. Bonilla



José Pablo Bonilla Valverde

Dirección Desarrollo Físico

UEN PC – SAID - AyA

Nota:

Todo informe de viaje debe estar firmado por los funcionarios que participaron en la misión correspondiente.

Sponsored by



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DLR Project Management Agency



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

MAR Junior Research Group



Innovative web-based Decision Support System for Water Sustainability under a Changing Climate

Opportunities for managed aquifer recharge in Costa Rica
José Bonilla & Catalin Stefan

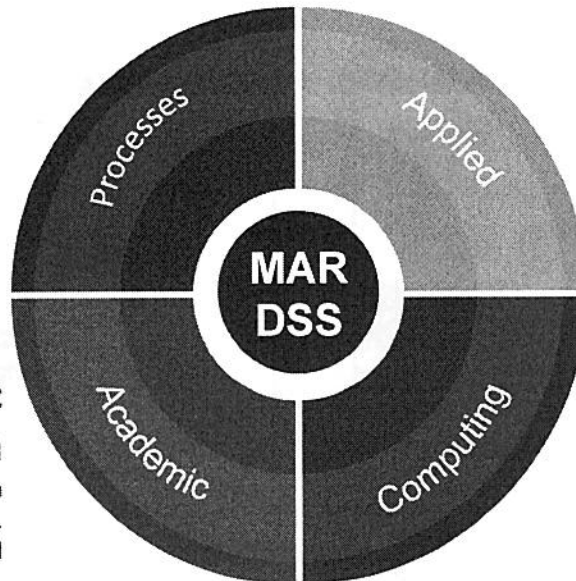
16th Biennial Symposium on Managed Aquifer Recharge
San Diego, USA, 07.03.18

INOWAS conceptual structure



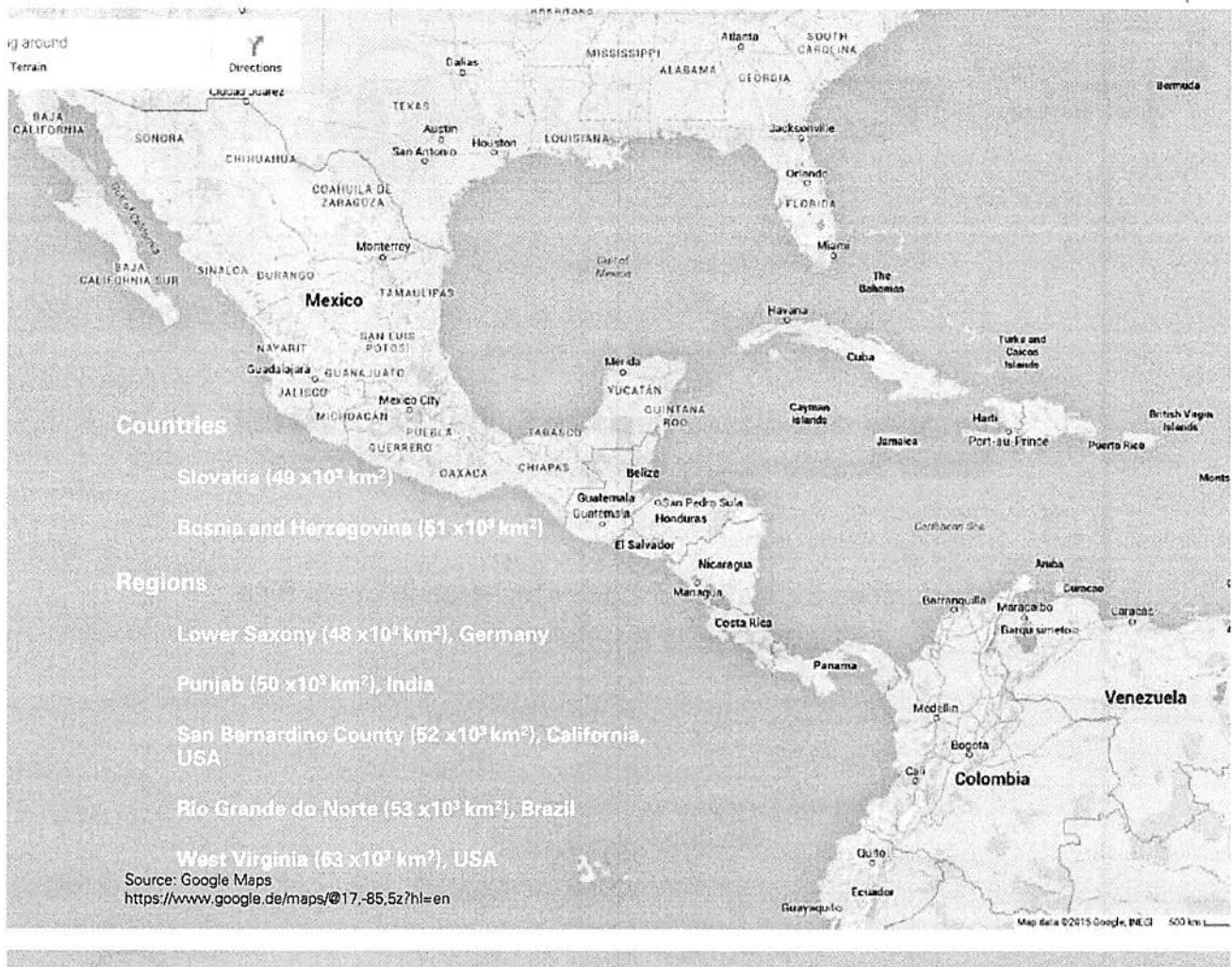
Process understanding
Understanding the influence of hydrogeological and hydrological parameters on water balance under climate change scenarios.

Academic qualification
Junior research group with multidisciplinary profile. Initiation of international MAR research network.

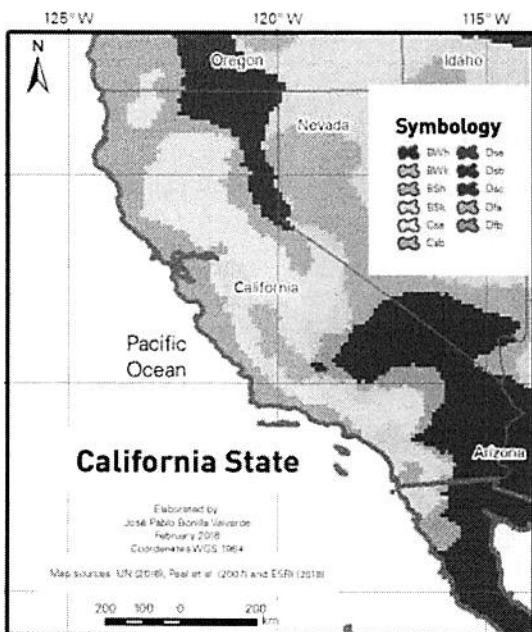


Applied research
Laboratory and test-field scale infiltration units for the prediction of the efficiency of managed aquifer recharge.

Computing
Combination of web-based technologies and GIS functionality with process-based simulations.



California & Costa Rica



General information

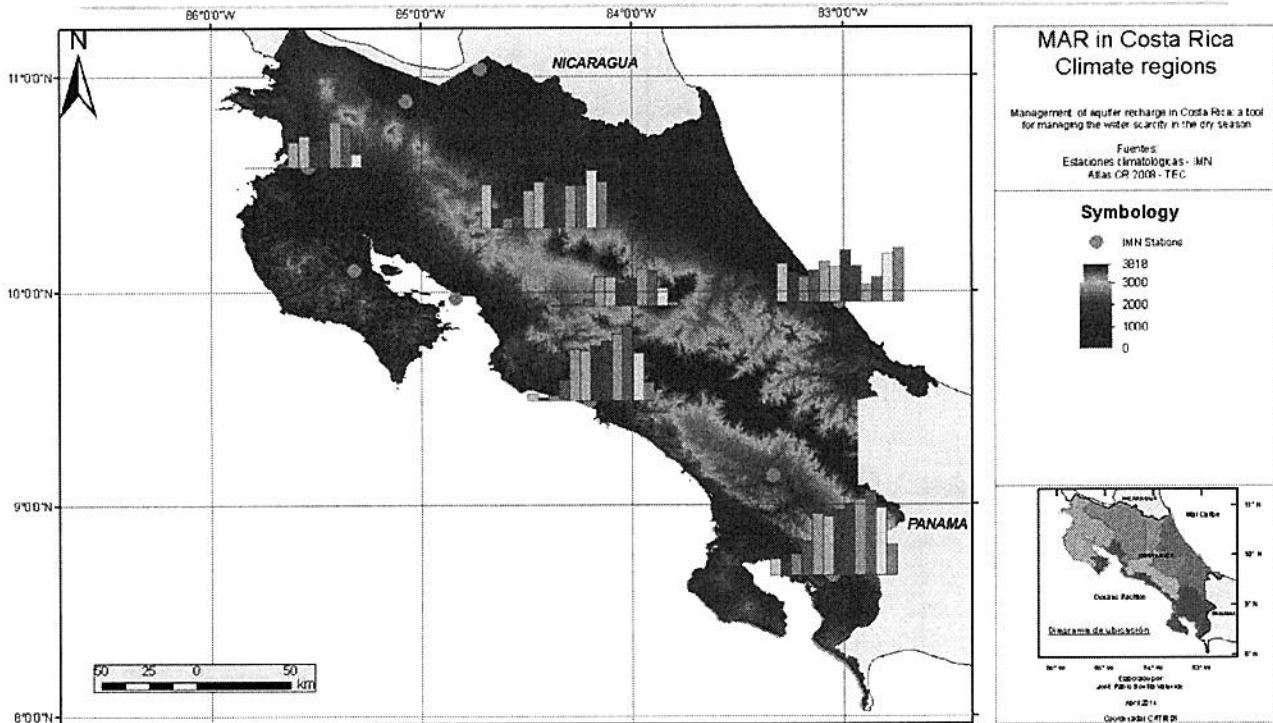


- Republic of Costa Rica
- Independence 1821
- Army abolished 1949
- Population 4.9 mill
 - GAM half population in 5% of the territory
- Free elections 4 years
- Municipalities 81

Source: Wikimedia Commons
https://commons.wikimedia.org/wiki/Costa_Rica#/media/File:Coat_of_arms_of_Costa_Rica.svg

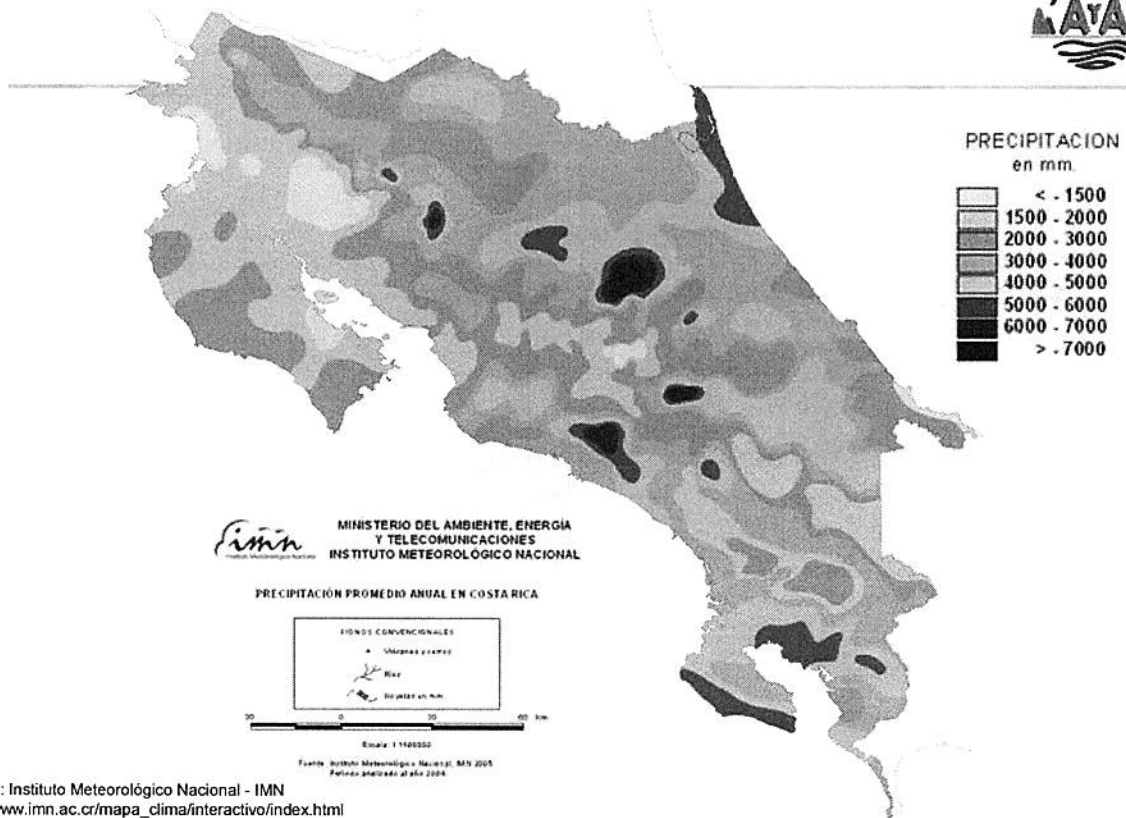


Climatic conditions



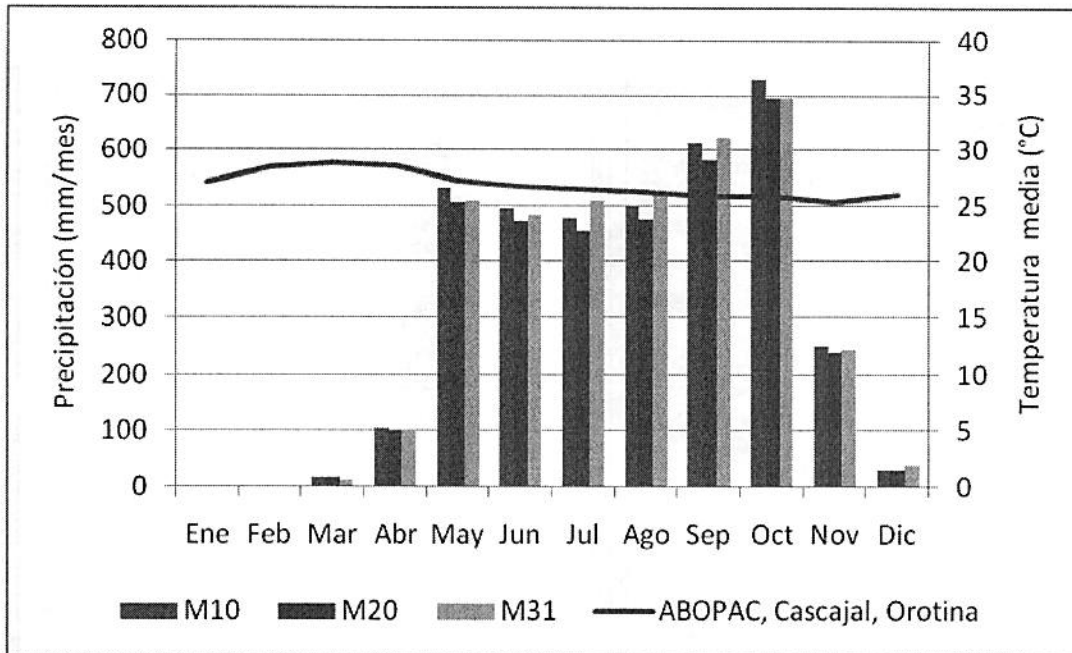
Source: Bonilla (2015). Unpublished





Source: Instituto Meteorológico Nacional - IMN
http://www.imn.ac.cr/mapa_clima/interactivo/index.html

Climatic conditions



Source: Bonilla V., J. P. & Barahona P., M. (2014). Balance hídrico por el método Thornthwaite-Mather modificado en la cuenca alta del río Machuca en el Pacífico Central de Costa Rica para cuantificar el recurso hídrico superficial.

9

José Bonilla
San Diego, 03.07.18



Seasonal excess/scarcity



Sequía en Guanacaste es la más fuerte de los últimos 78 años
(*Drought in Guanacaste is the strongest in the last 78 years*)

- Déficit de lluvia en Guanacaste es de casi un 100% mientras en Limón llovió tres veces más de lo normal (*Rainfall deficit in Guanacaste is almost 100% while in Limón it rained three times more than normal*)



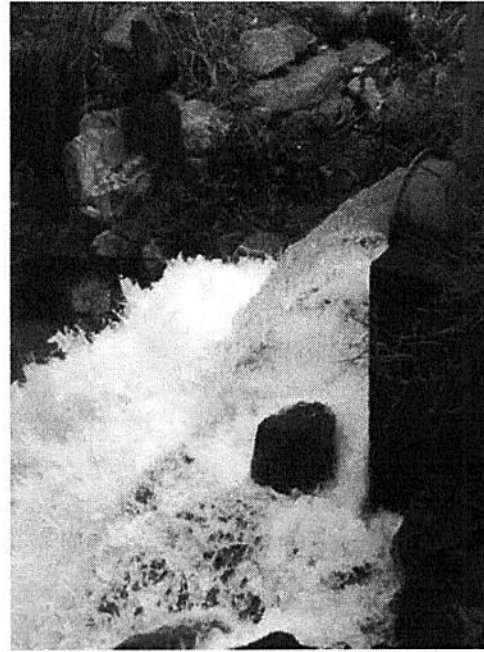
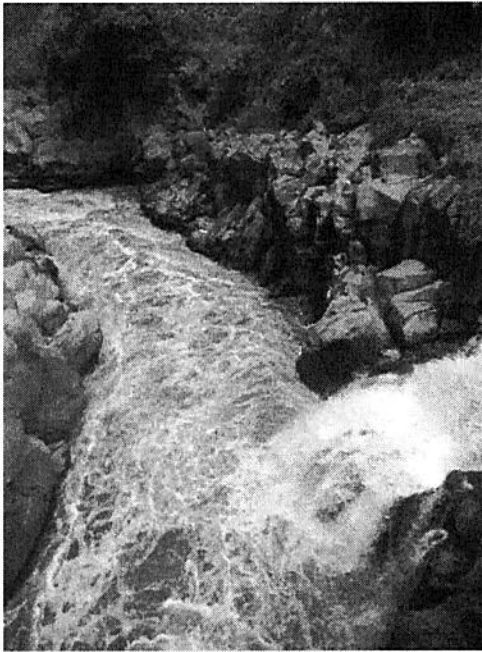
Source: LA NACION 01.06.2015
<https://www.nacion.com/sucesos/sequia-en-guanacaste-es-la-mas-fuerte-de-los-ultimos-78-anos/7QY5UI66MFBNGk2JN424DYU6U/story/>

10

José Bonilla
San Diego, 03.07.18



Seasonal excess/scarcity



11

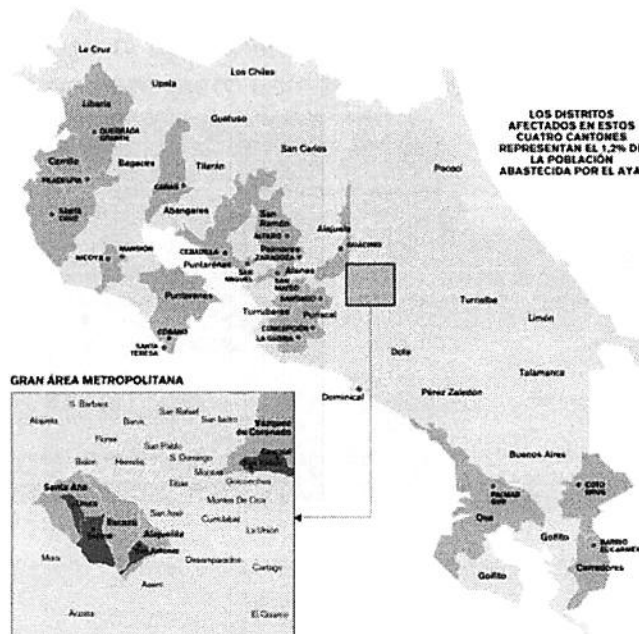
José Bonilla
San Diego, 03.07.18



Seasonal excess/scarcity



- Cantones con distritos o comunidades afectadas
- Distritos de la GAM con las abiecciones más drásticas (racionamientos de más de 12 horas diarias)
- Zonas con racionamientos de menos de 12 horas diarias



Source: LA NACION 13.01.2015
AyA inicia en 15 días cortes de agua en la GAM por sequía
http://www.nacion.com/nacional/servicios-publicos/AyA-inicia-cortes-GAM-sequia_0_1463253714.html

12

José Bonilla
San Diego, 03.07.18



Project:

Managed aquifer recharge assessment to overcome water scarcity during the dry season in Costa Rica

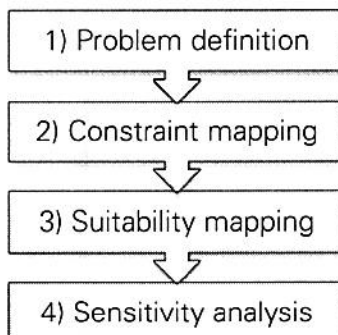


MAR in Costa Rica flow chart
Source: Bonilla *et al.*, 2016

Suitable sites for spreading methods

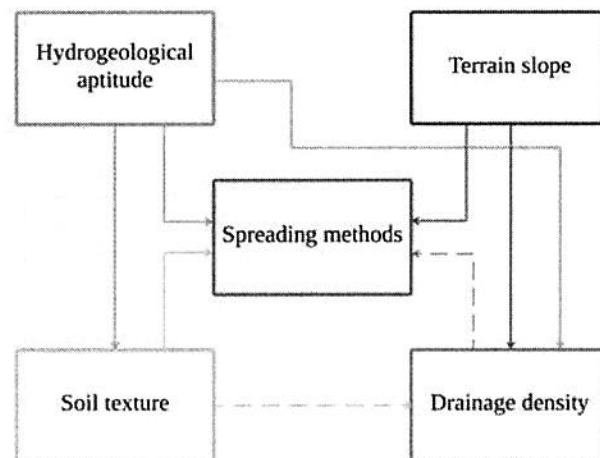
GIS-MCDA method

- Based in 4 criteria
- Unsuitable areas:
 - Slope > 40% & protected areas
- Suitable areas > 60% country
 - Very high and high >30%



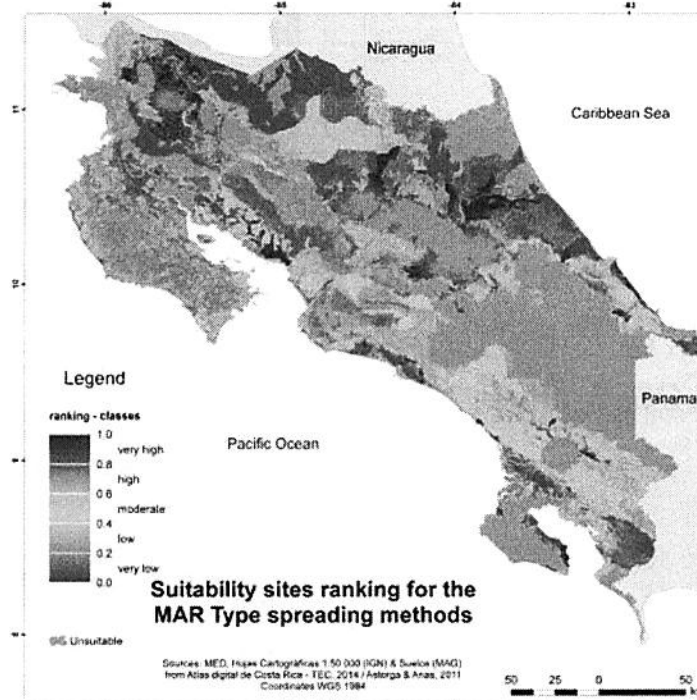
GIS-MCDA methodology for MAR

Source: modified from Rahman *et al.*, 2012.



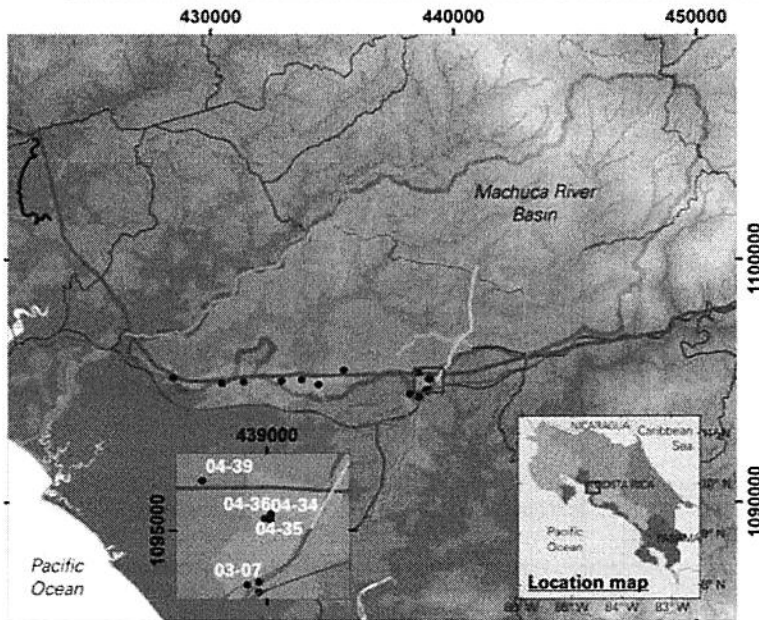
Weight assignment by multi-influence factor method (MIF).
Source: Bonilla *et al.*, 2016

Suitable sites for spreading methods

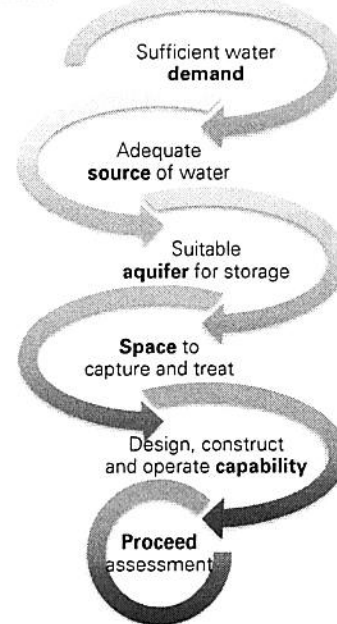


Suitability ranking for MAR through spreading methods in Costa Rica
 Source: Bonilla *et al.*, 2016. *Water* **2016**, *8*(9), 391; doi:10.3390/w8090391

MAR at a regional level

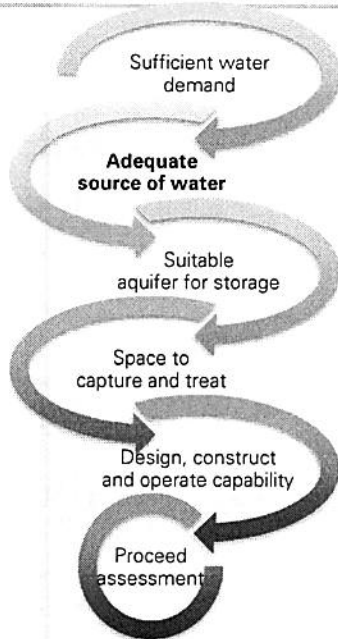


Machuca river basin, spatial distribution of water supply wells and the potential available water supply sources.
 Source: Bonilla *et al.*, 2017.



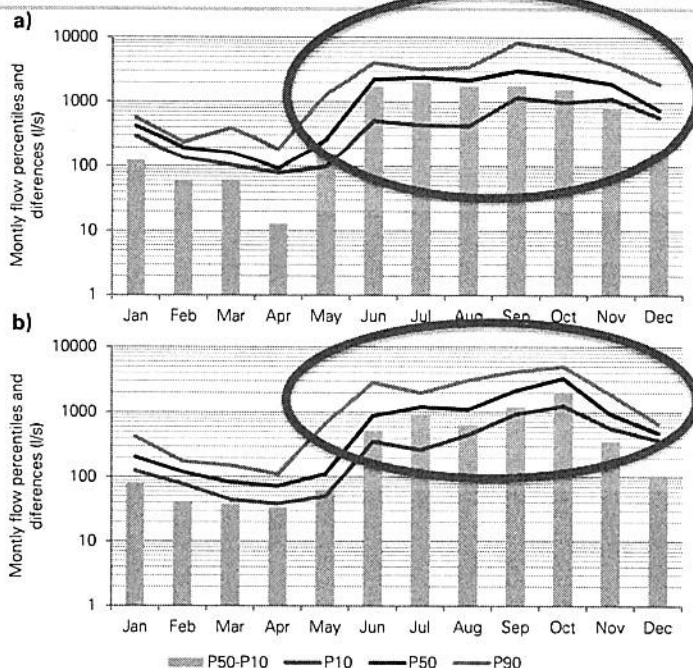
Modified viability assessment scheme for MAR projects.
 Source: Australian Guidelines for Water Recycling: Managed Aquifer Recharge, 2013.

MAR at a regional level



Modified viability assessment scheme for MAR projects.

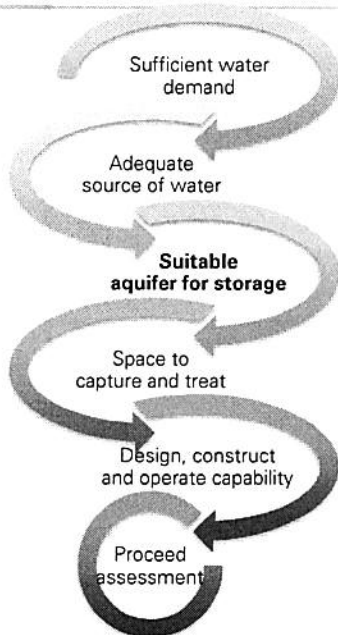
Source: Australian Guidelines for Water Recycling: Managed Aquifer Recharge, 2013.



Monthly hydrograms (percentiles 10, 50 and 90 from 2004-2016) for the rivers a) Jesús María and b) Machuca.

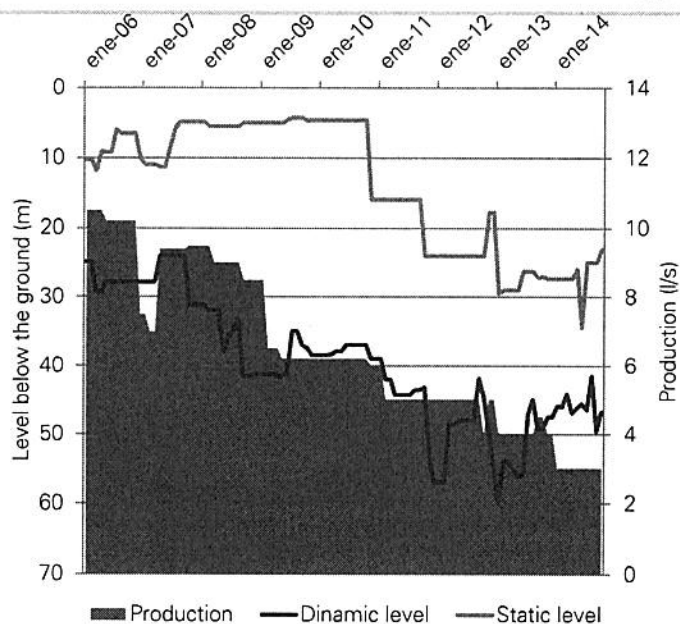
Source: Bonilla *et al.*, 2017.

MAR at a regional level



Modified viability assessment scheme for MAR projects.

Source: Australian Guidelines for Water Recycling: Managed Aquifer Recharge, 2013.



Monthly production, dynamic and static level for Well 04-35 in the Machuca river basin.

Source: Bonilla *et al.*, 2017.

MAR opportunities in Costa Rica



1. to overcome the temporal water scarcity at the end of the dry season;
2. to prevent saltwater intrusion; and
3. as an alternative source for water supply systems (WSS).



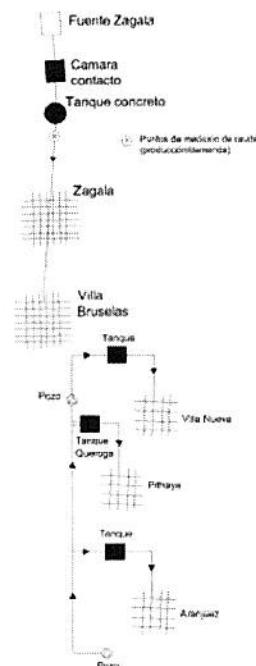
MAR opportunities in Costa Rica



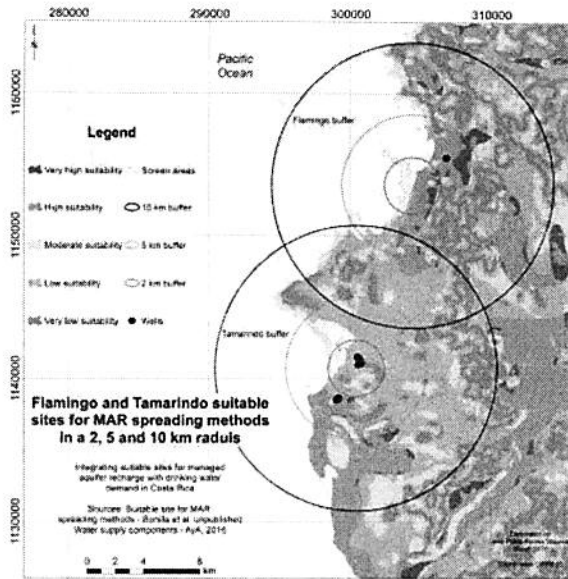
1. to overcome the temporal water scarcity at the end of the dry season
 - a) Coyolar and Zagala in the Central Pacific Region; and
 - b) Nicoya in the Nicoya Peninsula

Table: Population per drinking water supply system (WSS) by 2017.

Drinking WSS	Population (x10 ³)
Coyolar	6.1
Zagala	1.9
Nicoya	22.6



MAR opportunities in Costa Rica



Costal aquifers in the Nicoya Peninsula of Costa Rica and signs of saline intrusion
Source: Arellano & Vargas, 2001.

Suitable site for MAR through spreading methods around the Flemingo and Tamarindo wells
Source: Bonilla *et al.*, 2016.

2. to prevent saltwater intrusion:
 - a) playa Panama (3) and Potrero (5) wells were abandoned due to high electrical conductivity. The same practice has been applied at playa Tamarindo (7).

More MAR opportunities in Costa Rica



Projected new wastewater treatment plants in Costa Rica
Source: AyA, 2010.

- Interest of the agro-industrial sector in investigating opportunities to implement MAR in the Caribbean Region as compensation of the extracted water for irrigation.
- AyA is interested in looking into MAR as an alternative for indirect treated wastewater reuse.

