

Water Sowing and Harvesting (SyCA), ancestral techniques that solve problems of the XXI century

Gricelda Herrera-Franco, PhD^{1,6}, Sergio Martos-Rosillo, PhD², Paúl Carrión-Mero, PhD^{3,5}, Fernando Morante-Carballo, PhD^{4,5,6}, Josué Briones-Bitar, Ing^{3,5}, Alfredo Durán, PhD⁷, Jorge Vélez Upegui, PhD⁸, Milka Castro Lucic, PhD⁹.

Luciano Mateos, PhD¹⁰, Juan Diego Bardales, MSc¹¹, Fluquer Peña, PhD¹¹ and Carlos Gutiérrez-Ojeda, MSc¹².

¹Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena. Av. Principal La Libertad-Santa Elena, Ecuador, grisherrera@upse.edu.ec

²Instituto Geológico y Minero de España, Granada, España, s.martos@igme.es

³Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería Ciencias de la Tierra (FICT), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador, pcarrion@espol.edu.ec

⁴Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (FCNM), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador, fmorante@espol.edu.ec

⁵Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro de Investigaciones y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador. pcarrion@espol.edu.ec, briones@espol.edu.ec

⁶ESPOL Polytechnic University, Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Geo-recursos y Aplicaciones (GIGA), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

⁷Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, alfredo.duran3101@gmail.com

⁸Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia, jjvelezu@unal.edu.co

⁹Facultad de Derecho, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, milka.castrolucic@gmail.com

¹⁰Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Córdoba, España, luciano.mateos@ias.csic.es

¹¹Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Lima, Peru, fpena@sunass.gob.pe

¹²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Península de Yucatán, México, cguatierr@tlaloc.imta.mx

Abstract – The rescue of water sowing and harvesting, an ancestral technique, is becoming increasingly popular at the dawn of the 21st century, due to its practicality and efficiency, but above all due to the sustainability principles. Water management is the challenge of the century, given the population growth and the consequent increased demand for water and the anthropic actions that pollute it, with groundwater being an alternative to the problem, and water sowing and harvesting is presented as a solution in different areas of the regional geography. The present work aims to analyze the systems of Water Sowing and Harvesting (SyCA, by its acronym in Spanish) through the study of the different cases in Iberoamerica that configure a mechanism of cooperation and transfer of the rescue of these ancestral techniques. The methodology includes i) matrix of comparative analysis of SyCA techniques and their characteristics, ii) SWOT analysis of the SyCA rescue process through the participation of five international experts, iii) strategies for the sustainability of SyCA processes in Iberoamerican countries. Currently, there are many cases of SyCA in Iberoamerica presenting novel cases, worked by rural communities that have a sustainability approach.

Keywords-- High pressure processing, healthy foods, microorganisms.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.299>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development” “Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy”, July 27-31, 2020, Virtual Edition.

Siembra y Cosecha de Agua (SyCA), técnicas ancestrales que solucionan problemas del siglo XXI

Gricelda Herrera-Franco, PhD^{1,6}, Sergio Martos-Rosillo, PhD², Paúl Carrión-Mero, PhD^{3,5}, Fernando Morante-Carballo, PhD^{4,5,6}, Josué Briones-Bitar, Ing^{3,5}, Alfredo Durán, PhD⁷, Jorge Vélez Upegui, PhD⁸, Milka Castro Lucic, PhD⁹, Luciano Mateos, PhD¹⁰, Juan Diego Bardales, MSc¹¹, Fluquer Peña, PhD¹¹ and Carlos Gutiérrez-Ojeda, MSc¹².

¹Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena. Av. Principal La Libertad-Santa Elena, Ecuador, grisherrera@upse.edu.ec

²Instituto Geológico y Minero de España, Granada, España, s.martos@igme.es

³Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería Ciencias de la Tierra (FICT), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador, pcarrion@espol.edu.ec

⁴Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas (FCNM), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador, fmorante@espol.edu.ec

⁵Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro de Investigaciones y Proyectos Aplicados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador. pcarrion@espol.edu.ec, briones@espol.edu.ec

⁶ESPOL Polytechnic University, Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Geo-recursos y Aplicaciones (GIGA), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

⁷Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia, alfredo.duran3101@gmail.com

⁸Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Manizales, Colombia, jjvelezu@unal.edu.co

⁹Facultad de Derecho, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile, milka.castrolucic@gmail.com

¹⁰Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Córdoba, España, luciano.mateos@ias.csic.es

¹¹Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Lima, Peru, fpna@sunass.gob.pe

¹²Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, Morelos, México, cguatierr@tlaloc.imta.mx

Resumen– El rescate de la siembra y cosecha de agua, técnica ancestral de las civilizaciones, cada vez alcanza un mayor apogeo en los albores del siglo XXI, debido a su practicidad y eficiencia, pero sobre todo por los principios de sostenibilidad. La gestión del agua es un reto apremiante del siglo, ante el crecimiento de la población y la consecuente mayor demanda de agua y las acciones antrópicas que la contaminan, siendo el agua subterránea una alternativa al problema, y la siembra y cosecha de agua se presenta como una solución en diferentes zonas de la geografía regional. El presente trabajo tiene como objetivo analizar los sistemas de Siembra y Cosecha de Agua (SyCA) mediante las experiencias de los diferentes casos en Iberoamérica que configuran un mecanismo de cooperación y transferencia del rescate de estas técnicas ancestrales. La metodología comprende i) análisis comparativo de las técnicas de SyCA y sus características en varios países, ii) análisis FODA del proceso de rescate de SyCA mediante participación de cinco expertos internacionales, iii) estrategias para la sostenibilidad de los procesos de SyCA en países iberoamericanos. Actualmente se registran muchos casos de SyCA en Iberoamérica que presentan la novedad de ser trabajados preferencialmente por comunidades rurales que solucionan problemas de abastecimiento de agua del siglo XXI con técnicas ancestrales sostenibles de siembra y cosecha de agua.

Palabras claves: siembra y cosecha, agua subterránea, sostenibilidad, técnicas ancestrales, rescate del conocimiento.

Abstract– The rescue of water sowing and harvesting, an ancestral technique, is becoming increasingly popular at the dawn of the 21st century, due to its practicality and efficiency, but above all due to the sustainability principles. Water management is the

challenge of the century, given the population growth and the consequent increased demand for water and the anthropic actions that pollute it, with groundwater being an alternative to the problem, and water sowing and harvesting is presented as a solution in different areas of the regional geography. The present work aims to analyze the systems of Water Sowing and Harvesting (SyCA, by its acronym in Spanish) through the study of the different cases in Iberoamerica that configure a mechanism of cooperation and transfer of the rescue of these ancestral techniques. The methodology includes i) matrix of comparative analysis of SyCA techniques and their characteristics, ii) SWOT analysis of the SyCA rescue process through the participation of five international experts, iii) strategies for the sustainability of SyCA processes in Iberoamerican countries. Currently, there are many cases of SyCA in Iberoamerica presenting novel cases, worked by rural communities that have a sustainability approach.

Keywords– sowing and harvesting, groundwater, sustainability, ancient techniques, knowledge rescue.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento esencial para el desarrollo sostenible de un país ya que juega un papel importante en el desarrollo económico, social y humano [1]. Después de miles de años de desarrollo humano en el que el agua ha sido un recurso abundante en la mayoría de las áreas, la situación ahora está cambiando abruptamente hasta el punto en que, particularmente en las regiones más áridas del mundo, la

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.299>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development” “Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy”, July 27-31, 2020, Virtual Edition.

escasez de agua se ha convertido en la mayor amenaza para la seguridad alimentaria, salud humana y ecosistemas naturales [2].

Según [3], sólo el 3% del agua, del Planeta Tierra, es dulce, de la cual el 77% se encuentra congelada en los casquetes polares, el 22% en aguas subterráneas, y, solo el 1% representan el agua de lagos, ríos y el agua de la atmósfera. La disponibilidad de recursos de agua dulce es un desafío para muchas comunidades, convirtiéndose en un bien escaso que limita el desarrollo social y económico [4]. Irónicamente los hogares pobres de los países en vías de desarrollo gastan una mayor proporción de sus ingresos en agua que los hogares de las familias de países industrializados [5].

El panorama sobre la situación de suministro y renovación del agua en el mundo es cada día peor; ya que, el agua dulce disponible no está equitativamente distribuida en el mundo, ni en la misma cantidad en las estaciones; varía de un año a otro [6]; por lo que, las aguas dulces, de todo el mundo, constituyen un recurso escaso, amenazado y en peligro. Si bien la escasez de recursos de agua dulce ya limita el desarrollo y el bienestar social en muchos países [7, 8], el crecimiento esperado de la población mundial en las próximas décadas, junto con la creciente prosperidad económica, aumentará la demanda de agua y agravará estos problemas [9]. Por eso, es fundamental considerar una integralidad en la gestión del agua para contrarrestar la carencia de la misma [10].

El agua como una propiedad y recurso común, y en algunos casos considerado como un patrimonio común, involucra la gestión colectiva del recurso natural, e implica otorgar a una institución comunitaria la capacidad de gestionar y transmitir a lo largo del tiempo los recursos que son los símbolos y los medios de existencia de la comunidad [11]. La gestión sostenible de los recursos naturales no puede lograrse sin la participación de las comunidades afectadas. Es necesario superar las concepciones tradicionales de desarrollo, donde las comunidades participaban como mano de obra, para disminuir costos. La participación comunitaria debe constar de: el analizar, el hacer y el decidir [12].

Muchos han argumentado que las comunidades locales deben participar en la gestión del entorno en general [13]. Las comunidades también están a la vanguardia de la lucha contra el cambio climático [14]. Si bien generalmente se los presenta como víctimas de la pobreza y la vulnerabilidad al cambio climático [15], también corresponde destacar su sensibilidad hacia el medio ambiente, capacidad de adaptación y resiliencia, características que se ponen de relieve en su capacidad para modificar conductas en respuesta a los cambios que sufre el clima [16]. Los conocimientos de las comunidades pueden contribuir en gran medida a los procesos de observación y mitigación de las consecuencias del cambio climático y de su adaptación a ellas.

El rescate del conocimiento ancestral “Siembra y cosecha de agua” es un conjunto de técnicas ancestrales que busca sembrar agua mediante la escorrentía de agua lluvia y cosechar

agua extrayendo de pozos para el abastecimiento del líquido vital, es por medio de los estudios realizados en los diferentes casos de escasez de agua de los países que integran la RED SyCA como: Bolivia (Alfredo Durán Núñez de Prado), Chile (Milka Slavia Castro), Colombia (Jorge Vélez Upegui), Ecuador (Gricelda Herrera), España (Luciano Iñiguez), México (Carlos Gutiérrez) y Perú (Carlos Llerena Pinto), liderada por el coordinador general en áreas naturales protegidas del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Sergio Martos. Nos invita cuestionarnos ¿Es posible aplicar en pleno siglo XXI, técnicas ancestrales de siembra y cosecha de agua para solucionar problemas de abastecimiento? Para intentar responder este cuestionamiento, se propone como objetivo analizar los sistemas de Siembra y Cosecha de Agua (SyCA) mediante el estudio de los diferentes casos en Iberoamérica que configuran un mecanismo de cooperación y transferencia del rescate de estas técnicas ancestrales.

II. METODOLOGÍA

La Siembra y cosecha de agua, se analiza priorizando el caso de una Red Internacional de Siembra y Cosecha de Agua (SyCA) en el Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), quienes tienen la misión de establecer nexos de comunicación diversos para el rescate y la promoción de estas técnicas ancestrales, que cada vez se vuelven más utilizadas por las necesidades de agua en diferentes sectores de la geografía mundial. Ver Fig.1.

En la Fase I, del trabajo se presentan los participantes de la Red SyCA y que área o caso consideran para tenerlo como aporte en este artículo. Hay casos en zonas altas y otros en zonas costeras. Y las variedades registran como se rescata, recupera y practica técnicas ya utilizadas, y que, por la modernidad, algunas se habían dejado de lado.

La segunda parte del trabajo, recoge en forma muy concreta un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) de los diversos miembros, lo que ofrece una visión del estado del arte en la actualidad en algunos países, considerando que los casos de estudios son diferentes y representan una realidad específica.

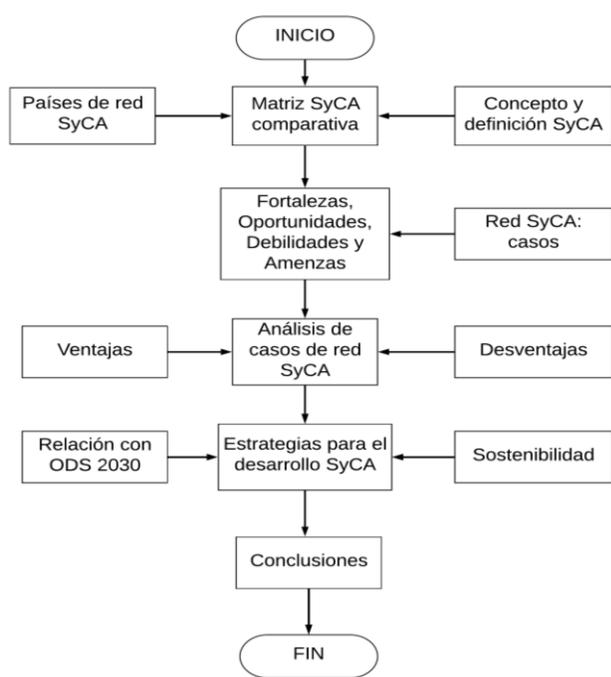


Fig. 1 Esquema de la metodología seguida.

La tercera fase, recoge las estrategias que se desprenden de las contribuciones de cada país, para de forma general tener unas estrategias que se conviertan en el denominador común y que brinden pautas genéricas para acometer la siembra y cosecha de agua, como alternativa de solución en pleno siglo XXI.

III. RESULTADOS

A. Técnicas ancestrales implementadas para la Siembra y Cosecha del agua (SyCA)

Frente a problemas amenazantes, como el cambio climático y la escasez de agua dulce en poblados y/o comunidades rurales en zonas áridas y semiáridas, las mismas comunidades, en conjunto con las autoridades reguladoras de cada país, ponen en práctica técnicas ancestrales, que en la antigüedad eran usados, y que, actualmente se los quiere recuperar. A continuación, se presentan los casos en diferentes países de Iberoamérica.

1) Bolivia

Los efectos del cambio climático inciden de forma cada vez más negativa en la vida de las comunidades de las zonas semiáridas de Bolivia. Las lluvias cada vez más escasas y la estación seca prolongada se convierten en un problema para los hogares rurales, que encuentran grandes dificultades para acceder al agua potable para beber, cocinar y cultivar los campos [17].

Se evidencia en comunidades latinoamericanas, como el “*Suka Kollus*”, considerado una importante estructura

hidráulica de la tecnología andina ancestral en Bolivia, enfocado en la producción de cultivos en suelos propensos a inundaciones permitiendo el riego subsuperficial de los cultivos por medio de canales de drenaje [18, 19]. Los “*Suka Kollus*”, una tecnología que básicamente consiste en la construcción y el cultivo de camellones de tierra intercalados con canales de agua.

Otra obra hidráulica ancestral realizada son los “*Atajados*”, en donde, esta se realiza adaptando las hoyadas naturales para almacenar aguas de escorrentía hasta lograr la formación de “lagunas artificiales”, construyendo diques con piedras, arcillas y cenizas. Los primeros “*Atajados*”, entonces llamados “*q’hochas*” o lagunas/lagunillas, fueron construidos por iniciativa propia de los campesinos. En el departamento de Cochabamba, a partir del año 2000, se han construido alrededor de 300 atajados por parte de la prefectura [20, 21].

Adicional, el Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia puso en marcha la estrategia para la gestión integral de los “*humedales*” y sitios “*Ramsar*”. Los “*humedales*” ocupan 14,8 millones de hectáreas del territorio boliviano [22].

2) Colombia

La gran depresión momposina, en el norte de Colombia, fue cultivada extensivamente por los Zenues desde hace 2 000 años, formando “*campos elevados*” para los cultivos [23]. Los canales anchos entre estos campos se llenaban de agua en la época de lluvias. Para mantener la humedad en los campos durante los largos meses de sequía siguiente, los agricultores bloqueaban los canales con pequeños diques.

Los agricultores en la inmensa llanura del lago Titicaca, entre Perú y Bolivia, también levantaban sus campos de cultivo entre surcos anchos, llamados “*Suka Kollus*” [24]. Este ingenioso sistema de agricultura fue empleado en otros altiplanos húmedos también, como en Quito, Cayambe y San Pablo, en Ecuador, (llamados “*camellones*” o “*inka-wacho*”) y Bogotá, en Colombia [25].

Podemos captar fácilmente la lluvia que cae sobre un techo y abastecemos de agua limpia. Esto no es un concepto nuevo. En la Antigüedad, casi todas las ciudades grandes estaban ubicadas en zonas áridas [24]. Para evitar la construcción de obras costosas y complejas para abastecer a su población, sus autoridades obligaban a cada familia a recolectar el agua de lluvia de su techo, como se hace en varios hogares del Valle del Cauca, Colombia [26].

3) España

En las partes altas de Sierra Nevada (sur de España) se realiza, desde época andalusí (Edad Media), un Sistema Integrado de Gestión del Agua Subterránea, en el que las “*acequias de careo*” constituyen un elemento clave [27]. Estos canales excavados en el terreno están diseñados para recargar las aguas procedentes del deshielo, a lo largo de su recorrido y en distintas zonas concretas, donde hay una mayor permeabilidad del terreno. Una vez que el agua se infiltra en

las partes altas de los valles, pasa a circular lentamente por los acuíferos superficiales y surge por ríos y manantiales situados a media ladera [28].

Este sistema de manejo del agua, implantado desde la presencia árabo-beréber en el sur de la Península Ibérica del siglo VIII [29], ha provocado una intensa transformación del paisaje de Sierra Nevada, en el que las terrazas de cultivo y los pastos coexisten con ecosistemas de alto valor ecológico.

4) México

Los antecedentes de las obras hidráulicas prehispánicas en México son remotos. Por la diversidad del tipo de obras que se han encontrado se sabe que éstas han respondido a necesidades de captación, conducción, almacenamiento, distribución e irrigación durante diferentes épocas de la historia del país [30]. Una de estas obras hidráulicas son las denominadas “terrazas”, que son canales y acueductos construidos para el riego, cuya finalidad fue la de retener la humedad y minimizar la erosión de los suelos de cultivo [31].

[32] nos destaca que, en la Península de Yucatán se localizaron almacenes o depósitos subterráneos con el mismo fin, los llamados los “chultunes” o cisternas mayas. Otras obras contemporáneas son los “qanats” o acueductos subterráneos que tuvieron distintas etapas en sus formas de construcción y desarrollo [33]. Estos “qanats” fueron combinados con las llamadas “galerías filtrantes”, que sirvieron tanto para la captación de agua como para mejorar su calidad al ser infiltrada en el suelo [34].

5) Perú

La región árida de la costa de Perú alberga el 60% de la población del país. Esta depende de los recursos hídricos superficiales que se originan en los Andes para el abastecimiento de agua destinado a la agricultura con irrigación a gran escala, y los usos industrial y doméstico para las regiones costeras incluyendo a Lima, la capital de Perú [35].

En las regiones montañosas del mundo, la desviación de agua de quebradas hacia áreas permeables a través de canales de irrigación y zonas de infiltración es una práctica común; el sistema de ‘careo’ construido en España, comparte muchas similitudes con las “amunas” desarrolladas por las culturas preincaicas en el Perú [36]. Las Amunas, palabra de origen quechua que significa “retener”, son un sistema prehispánico de recarga artificial de acuíferos mediante la siembra y cosecha de agua [37]. En Machu Picchu se encontraron estructuras de captación de agua similares, como las “acequias” (canales para captar aguas lluvia que luego bajaban hasta zonas de rocas fisuradas en la montaña y se infiltre a depósitos subterráneos [38]), donde la hidrogeología local genera un retardo de varios meses entre la lluvia y la descarga de agua [39].

La población de la cultura Pucará, del altiplano peruano cerca del lago Titicaca, recogía el agua de lluvia con unos

tanques muy diferentes. Ellos excavaron pozas, llamadas “gochas”, en la planicie de 3 900 m de altura [40]. Todas las “gochas” están conectadas mediante pequeños canales para conducir el agua que sobra de una a la otra. Mediante fotografías aéreas se ha estimado la presencia de más de 25 mil “gochas” en esta planicie de 280 Km² [41].

6) Chile

Debido a que en el norte del país la mayoría de los pequeños poblados presentan serios problemas de abastecimiento de agua, el aprovechamiento de las “camanchacas”, se presenta como una posibilidad para satisfacer parte de esta demanda. Las “camanchacas” son bancos de niebla (nubes rasantes o neblinas), que, si son aprovechadas de una óptima manera, es capaz de generar alrededor de 10 000 L en 8 horas [42].

En la Isla de Pascua en Chile, la ubicación de plataformas megalíticas (“ahu”) se explica por su distancia a fuentes de agua dulce [43], particularmente filtros costeros, donde construcciones ancestrales que incluyen zanjas y embalses proporcionaron a los habitantes locales de una fuente constante de agua de baja salinidad que les permitió sobrevivir en periodos de sequía y construir las estatuas antropomórficas gigantes (“moai”) [44].

7) Ecuador

En el Ecuador, se han venido desarrollando técnicas ancestrales para el cuidado y la preservación del agua, especialmente en los sectores rurales; donde, es muy difícil que cuenten con agua potable, y se debe buscar otras medidas o alternativas para obtener este importante recurso [45]. Estas técnicas ancestrales se han desarrollado tanto en las Costas ecuatorianas, como en la Sierra.

Las más estudiadas son las ubicada en las Costas ecuatorianas; donde, datan estructuras hidráulicas como el “jagüey” (albarrada) y el “tape” (dique artesanal). Las albarradas, según [46-48], son humedales lénticos artificiales, utilizados como reservorios de agua; estos, se llenan mediante el proceso de acumulación de agua lluvia en invierno y de los pequeños riachuelos de las cuencas locales (Fig. 2). Mientras que, los “tapes” se le denomina a la acumulación de rocas y sedimentos en ciertas partes del cauce del río para tratar de represar el agua y permitir que esta se acumule, evitando el paso del agua al océano [49, 50] (Fig. 3 y 4). Ambos sistemas ancestrales favorecen la infiltración, con lo cual se alimentaban los acuíferos de la zona, con el propósito de utilizar el agua durante la temporada seca [51].



Fig. 2 Albarrada ubicada en la comunidad de Zapotal, Ecuador



Fig. 3 Tape artesanal de tierra en Manglaralto, Ecuador.



Fig. 4 Tape técnico-artesanal, de hormigón armado, último realizado en la comunidad de Manglaralto, Ecuador.

B. Análisis FODA de la red SyCA

A continuación, en la Tabla I, se recoge en forma muy concreta un análisis FODA de los diversos miembros, lo que ofrece una visión del estado del arte en la actualidad en algunos países.

TABLA I
ANÁLISIS FODA DE ALGUNOS PAÍSES DE LA RED SYCA.

Países	Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades Y Amenazas (FODA)	
	España	Fortalezas * Han demostrado ser sostenibles y resilientes durante siglos * Forman parte de paisajes singulares de gran valor, protegidos y especialmente significativos para la ciudadanía
Debilidades * Crisis agraria generalizada, emigración, envejecimiento de la población, pérdida de conocimientos ecológicos locales y prácticas tradicionales, pérdida del sentido comunitario * Falta de una concepción multifuncional de la actividad agraria		Amenazas * Visión productivista y extractivista de la actividad agraria y de la gestión de los recursos en el marco capitalista global. Políticas públicas orientadas casi en exclusiva al aumento de la producción y la productividad * Visión conservacionista biocéntrica en el caso del Parque Nacional de Sierra Nevada
Colombia	Fortalezas * Zona lluviosa con posibilidades de uso conjunto de las aguas * Modelación hidrológica, estudios de variabilidad climática	Oportunidades * Mejorar conocimiento en acuíferos, zonas de recarga e interacción río-acuífero * Incorporación de aspectos sociales en los estudios (socio-hidrología)
	Debilidades * Poco conocimiento de los acuíferos y zonas de recarga * Zonas semi-áridas poco estudiadas en el país	Amenazas * Poco apoyo de las instituciones y comunidades por falta de confianza * Seguridad en la región impide acceso a las comunidades
Bolivia	Fortalezas * Política ambiental y marco institucional favorable a prácticas de SyCA * Gobiernos municipales y organizaciones de agua autónomas y empoderadas	Oportunidades * Programas de financiamiento de sistemas hídricos establecidos * Creciente preocupación por cambio climático y deterioro de fuentes de agua
	Debilidades * Escaso conocimiento en organizaciones e instituciones sobre prácticas de SyCA * Falta de experiencia en implementación de sistemas de SyCA	Amenazas * Política de inversión y normas administrativas dificultan proyectos de SyCA * Predominio de enfoque de demanda en proyectos hídricos
Ecuador	Fortalezas * Comunidades rurales rescatan y practican conocimiento ancestral * Posibilidades de trabajo para miembros de la Junta de agua	Oportunidades * Posibilidades de cooperación internacional. * Modelos de gestión exitosos se repliquen.
	Debilidades * Poca divulgación en las comunidades acerca de su gestión * Atrasos en los pagos del	Amenazas * Cambio climático * Demanda turística en crecimiento sobrepasa capacidad del

	servicio del agua	acuífero/agua
M é x i c o	Fortalezas ° Colaboración comunitaria para recargar el acuífero ° Obras sencillas de bajo costo	Oportunidades ° Manejo comunitario sustentable del agua. ° Replicar la experiencia en otras zonas/comunidades rurales.
	Debilidades ° Pobre conocimiento de la hidrogeología local ° No cuentan con una red de monitoreo	Amenazas ° No demostrar que el agua infiltrada llegue al acuífero. ° Contaminación del acuífero con agua de recarga de mala calidad.
P e r ú	Fortalezas ° Instituciones publicas y privadas implementan técnicas de SyCA. ° Existen profesionales de diferentes disciplinas complementarias interesados en el tema.	Oportunidades ° Apoyo de cooperación nacional e internacional y nacional para el desarrollo de iniciativas SyCA. ° Las prácticas de SyCA son reconocidas con un marco legal a nivel nacional en políticas y en el sector saneamiento.
	Debilidades ° Escasas iniciativas de evaluación de impacto con rigor científico en la implementación SyCA. ° Desarticulación entre instituciones y expertos relacionados a la materia.	Amenazas Implementación de prácticas de SyCA en condiciones inadecuadas. ° Falta de mayor conocimiento técnico y científico de profesionales para la aplicación efectiva de prácticas de SyCA.

C. Estrategias de desarrollo para la red SyCA

A continuación, se presenta en forma general unas estrategias (utilizando la matriz FODA de la Tabla I) para que se conviertan en el denominador común y que brinden pautas genéricas para acometer la siembra y cosecha de agua, como alternativa de solución en pleno siglo XXI.

1) Promocionar y divulgar las prácticas tradicionales, basado en estos sistemas SyCA, para recobrar estos conocimientos ancestrales y obtener una mejor gestión del recurso agua en los diferentes lugares del mundo; especialmente, las ciudades y comunidades rurales con escasez de agua dulce. Esto se lo ha de realizar a instituciones y gobiernos locales; además, adicionalmente brindar charlas para concientización en colegios y universidades. Mediante esta promoción y divulgación, se hace conocer a la población en general sobre las bondades que estos sistemas SyCA generan; en especial, en momentos donde muchos lugares han sufrido de sequías gracias al cambio climático.

2) Realizar grupos de cooperación internacional, para el estudio de diferentes lugares con escasez de agua dulce mediante alianzas con organizaciones e instituciones tanto nacionales como internacionales; y, con esto, determinar sitios idóneos para la planificación, diseño y construcción de estas obras hidráulicas ancestrales.

3) Crear grupos focales, entre las instituciones públicas, universidades y la comunidad, para el desarrollo de múltiples proyectos acerca de estos sistemas SyCA, a través de participación múltiple de la comunidad para la gestión y mantenimiento de estas obras hidráulicas ancestrales. Al ser Soluciones basadas en la Naturaleza proporcionan beneficios

ambientales, sociales y económicos y ayudan a aumentar la resiliencia; con lo que, se asegura la sostenibilidad de los sistemas hídricos.

4) Recobrar el interés de los jóvenes y/o futuro de la población en las zonas rurales y agrícolas mediante la planificación y realización de estos sistemas SyCA para la obtención y correcta gestión del recurso agua en zonas áridas y semiáridas. Mediante proyectos con cooperación internacional recuperar estas tierras abandonadas y que antiguamente eran productivas.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En un diagnóstico preliminar con expertos de la Red de siembra y cosecha de agua (SyCA), del Programa de Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CYTED) se valoraron ventajas y desventajas de trabajar o aplicar técnicas de siembra y cosecha de agua en los diferentes casos de Iberoamérica. Sin duda, que hay lugares que la siembra y cosecha de agua se convierte en una forma de supervivencia, o única alternativa para abastecimiento de agua.

Ventajas de las técnicas ancestrales:

- 1) Que tienen impactos positivos en la naturaleza, se basan en las características del ambiente.
- 2) Son muy relacionadas a la sostenibilidad.
- 3) Es posible hacerlas con trabajo comunitario, y bajo prácticas participativas.
- 4) Menor costo económico que las técnicas modernas de ingeniería.
- 5) Ayuda a que, lugares que no cuentan con suministro de agua limitado, puedan acceder a este recurso.

Y las desventajas que se notan:

- 1) Bajo conocimiento a nivel profesional de estas técnicas. Cuentan con mínima promoción, y no se conceptualizan como algo moderno por no ser materia en universidades.
- 2) Poca cultura de procesos de siembra y cosecha de agua.
- 3) En ocasiones se aplican las técnicas ancestrales con cambios que ya no guardan todas las características antiguas. Ejemplo uso de hormigón en tapes (Ecuador).
- 4) No están en la cultura de políticos y tomadores de decisión.
- 5) Algunos no las consideran cuestiones de ingeniería, y por lo tanto las desacreditan.

El manejo eficiente de los recursos hídricos, que en algunos casos es limitado y/o escaso, requiere considerar las interacciones entre la variabilidad climática, la demanda de agua, el uso de la tierra y las condiciones sociopolíticas. Esta situación nos pide estrategias de desarrollo para alcanzar una seguridad hídrica estable. Las soluciones basadas en la "infraestructura gris", como los reservorios artificiales, presentan o manifiestan ciertas limitaciones, como, por

ejemplo, altos costos irrecuperables, planificación e implementación compleja, además de una limitada capacidad de adaptación. Esto ha despertado nuevamente un interés en soluciones basadas en la naturaleza, como las que se presenta con los sistemas SyCA u obras hidráulicas ancestrales, que pueden ser implementadas gradualmente, ajustadas después de su implementación y brindar varios beneficios que las hace compatibles con la adaptación al cambio climático en un mundo cada vez más incierto y complejo. La Fig. 5 resume esquemáticamente este problema entre infraestructura clásica (gris y/o artificial) y los sistemas SyCA.

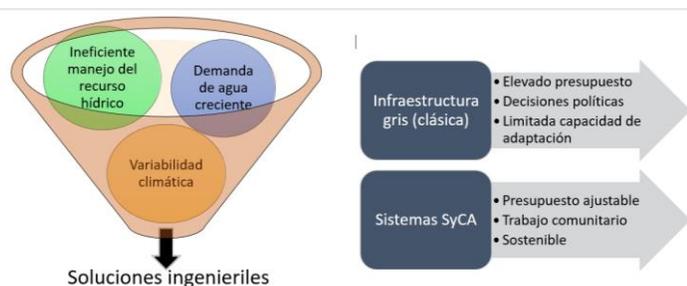


Fig. 5 Esquema de las alternativas SyCA como solución a problemas emergentes en varios países del mundo.

Según [52], en Iberoamérica se han realizado bastantes trabajos que han sido documentados, pero también se sabe, por la población local, que existen otros no documentados o inaccesibles. En la Tabla II, se presentan alguno de los casos registrados en algunos países de Iberoamérica.

TABLA II
SITIOS CONOCIDOS DE SYCA EN IBEROAMÉRICA
MODIFICADO DE [52]

Lugar	País
Parinacota, Caquena, Guallatire, Sorasorani, Chiapa, Tarapacá, Poroma-Coscaya y Macaya	Chile
Garnada, Almería y Sierra Nevada	España
Quispillacta, Huaytara, Huancavelica, Huarochiri, Cusco, Pillao, Matao, Salkantay, Arequipa, Chinchilla, Antacollana, Turicocha, Santiago de Tuna, Chaute y Huamanatanga.	Perú
Manglaralto, Valdivia, Olón, Libertador Bolívar, Zapotal, Catacocha, Palta, Loja	Ecuador

Casos homólogos suceden en varias partes de los países de Iberoamérica, esto, debido al intercambio continuo intercultural que se ha mantenido durante miles de años. Un caso es de los llamados “tapes” en Manglaralto, Ecuador; estos, también han sido utilizados en el río Quípar en España, pero llamados diques. Estos diques han tenido el mismo propósito, el de recargar los acuíferos ubicados debajo de este río [53].

La recarga artificial de acuíferos es un tema muy estudiado y tratado en varios países como: Libia, Argelia, Egipto, Sudán, Portugal, España, Grecia, Alemania, Finlandia, entre otros más quienes requieren de estas técnicas ancestrales como lo es la construcción de “tapes” para poder solventar su déficit hidrológico y de esta manera obtener beneficios indirectos como reducir la pobreza, reducir los riesgos sanitarios, incrementar el nivel de vida de las personas y entre otros beneficios, aumentar la sostenibilidad del lugar [54].

De esta manera se comprueba que estos sistemas SyCA ancestrales ayudan a las comunidades y en especial al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 [55]; en concordancia con los objetivos 1 (“Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo”), 6 (“Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”) y 15 (“Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad”).

Adicionalmente, algunos de estos lugares; como, por ejemplo, Manglaralto con su acuífero costero, que abastece a toda la parroquia, es considerado por [56] un sitio de interés geológico; preparando un lugar con río, acuífero, pozos y tapes como un Lugar de Interés Geológico (LIG) que es un patrimonio por la aplicación de los saberes ancestrales, considerado en los sistemas SyCA ancestrales, como son los “tapes”, permite la sostenibilidad tanto del recurso agua, como del turismo en la zona.

V. CONCLUSIONES

El agua como recurso no se refiere sólo a un ámbito que compete a la colectividad, sino que es un factor dentro de un sistema de relaciones socioambientales.

El conocimiento ancestral ha permitido suplir en forma temporal uno de los principales problemas, que tienen muchas comunidades y ciudades dentro de la red CYTED-SyCA, que es la escasez de agua en la temporada seca o de no lluvia.

Se resalta el compromiso social y la importancia de la acción participativa de las comunidades que utilizan el conocimiento ancestral para la gestión y obtención de este preciado recurso, como es el agua. En la mayor parte de los casos son las comunidades los primeros en implementar estos sistemas SyCA, debido al poco presupuesto de inversión o la falta de ayuda de parte de las instituciones públicas, siendo parte del recate de un conocimiento ancestral y patrimonio geológico y cultural.

ACKNOWLEDGMENT

Este trabajo es una contribución a la Red CYTED P419RT0577 "Siembra y Cosecha del Agua en Áreas Naturales Protegidas". También agradecemos a nuestros socios estratégicos en los trabajos de campo en cada país de la red SyCA, de los países España, Colombia, Bolivia, Perú, Chile, México, Ecuador.

Ecuador: Al proyecto de la Unidad de Vinculación con la Sociedad (UVS) “Gestión integral del agua en cuencas hidrográficas de la Parroquia Manglaralto” y al proyecto de investigación de ESPOL “Registro de patrimonio geológico y minero y su incidencia en la defensa y preservación de la geodiversidad en Ecuador”

REFERENCES

- [1] Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: agua y empleo, Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244103>
- [2] D. Seckler, R. Barker and U. Amarashingue, “Water Scarcity in the Twenty-first Century,” *Water Resources Development*, vol. 15, no. 1/2, pp. 29-42, 1999.
- [3] Water Distribution., United States Geological Survey (USGS), <https://water.usgs.gov/gotita/waterdistribution.html>
- [4] S. Setegn, D. Rayner, A. Melesse, B. Dargahi and R. Srinivasan, “Impact of climate change on the hydroclimatology of Lake Tana Basin, Ethiopia,” *Water Resources Research*, vol. 47, no. 4, pp. 1-13, April 2011.
- [5] El crecimiento económico es necesario, pero no suficiente para acelerar la reducción del hambre y la malnutrición., Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), <http://www.fao.org/publications/sofi/2012/es/>
- [6] R. Agudelo, “El agua, recurso estratégico del siglo XXI,” *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol. 23, pp. 91-102, 2005.
- [7] T. Oki, Y. Agata, S. Kanae, T. Saruhashi, D. Yang and K. Musiaka, “Global assessment of current water resources using total runoff integrating pathways,” *Hydrological Sciences Journal*, vol. 46, no. 6, pp. 983-995, December 2009.
- [8] F. Rijsberman, “Water scarcity: Fact or fiction?” *Agricultural Water Management*, vol. 80, no. 1-3, pp. 5-22, February 2006.
- [9] J. Alcamo, M. Flörke and M. Märker, “Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes” *Hydrological Sciences Journal*, vol. 52, no. 3, pp. 247-275, January 2010.
- [10] G. Sixt, L. Klerkx, and T. Griffin, “Transitions in water harvesting practices in Jordan’s rainfed agricultural systems: Systemic problems and blocking mechanisms in an emerging technological innovation system,” *Environmental Science & Policy*, vol. 8, no. 2, pp. 235-249, 2018.
- [11] I. Calvo-Mendieta, O. Petit and F. Vivien, “Common Patrimony: A Concept to Analyze Collective Natural Resource Management. The Case of Water Management in France,” *Ecological Economics*, vol. 137, pp. 126-132, July 2017.
- [12] N. Schwartz, and A. Deruyttere, *Consulta comunitaria, desarrollo sostenible y el Banco Interamericano de Desarrollo: Un marco conceptual*, Inter-American Development Bank, 1996.
- [13] L. Gunderson, and C. Holling, *Barriers and bridges to the renewal of ecosystems and institutions*, 3rd ed., New York: Columbia University Press, 1995.
- [14] Land use, climate change adaptation and indigenous peoples, K. Galloway, <http://ourworld.unu.edu/en/land-use-climate-change-adaptation-and-indigenous-peoples>
- [15] M. Arévalo, “Propuesta de diseño de construcción, acondicionamiento de un pozo de agua y su incidencia en la vulnerabilidad del acuífero costero en Manglaralto,” *Tesis de maestría*, Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2017.
- [16] Weathering Uncertainty: Traditional Knowledge for Climate Change Assessment and Adaptation, UNESCO/Naciones Unidas. <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002166/216613E.pdf>
- [17] Cisternas para “cosechar” agua de lluvia en Bolivia, Sustainable Development Goals Fund (SDGF). <https://www.sdgfund.org/es/cisternas-para-%E2%80%9Ccosechar%E2%80%9D-agua-de-lluvia-en-bolivia>
- [18] C. Erickson, “Prehistoric landscape management in the Andean Highlands: raised field agriculture and its environmental impact,” *Population and Environment*, vol. 13, pp. 285-300, June 1992.
- [19] G. Serrano, R. Chipana, M. Moreno and J. Roldán, “Study of vertical water flows contribution to the crop water consumption in suka kollus using a mixed drainage system,” *Agricultural Water Management*, vol. 206, pp. 86-94, July 2018.
- [20] Adaptación al Cambio Climático: Cosecha de Agua de Lluvia con “Atajados” en Bolivia, Gestión ambiental y desarrollo rural América Latina y Caribe (GADeR-ALC). http://riesgocambioclimatico.org/documentos/ACC_con_CA.pdf
- [21] Bolivia: Siembra y cosecha de agua para enfrentar cambio climático, Noticias de América Latina y el Caribe (NODAL). <https://www.nodal.am/2019/04/bolivia-siembra-y-cosecha-de-agua-para-enfrentar-cambio-climatico/>
- [22] Bolivia busca articular acciones, conocimientos y saberes ancestrales para conservar los humedales, Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia. <https://www.iagua.es/noticias/bolivia/mmaya/17/02/03/bolivia-busca-articular-acciones-conocimientos-y-saberes-ancestrales>.
- [23] C. Plazas, A. Falchetti, J. Sáenz and S. Archila, *La sociedad hidráulica Zenu*, 1st ed., Bogotá: Banco de la República, 1993.
- [24] K. Yapa, *Prácticas ancestrales de crianza de agua*, 1st ed., Quito: Edipcentro, 2013.
- [25] W. Denevan, *Cultivated landscapes of native amazonia and the Andes*, 1st ed., Oxford: Oxford U. Press, 2001.
- [26] M. Evanari and L. Shananand, *The Negev: the challenge of a desert*, 2nd ed., Cambridge: Harvard U Press, 2001
- [27] S. Martos-Rosillo, A. González-Ramón, C. Marín-Lechado, C. Guardiola-Albert, A. Ruiz-Constán, F. Moral-Martos, E. Navarrete-Mazariegos, J. Jódar-Bermúdez, A. Pedrera-Parías and J. Durán-Valsero, “Las acequias de careo de Sierra Nevada (sur de España), un sistema de recarga ancestral en acuíferos de alta montaña,” in Manejo de la recarga de acuíferos: un enfoque hacia Latinoamérica, O. Escolero, C. Gutiérrez and E. Mendoza, Eds. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2017, pp. 527-563.
- [28] S. Matos-Rosillo, “Técnicas ancestrales de siembra y cosecha del agua y su papel frente al cambio climático,” X Simposio del Agua en Andalucía, October 2018 [Publicaciones del Club del Agua Subterránea, n°3. Libro III].
- [29] M. Delaigue, “La red de acequias de la Alpujarra Alta,” in El agua en la agricultura de AlAndalus. Madrid: Lunwerg, 1995, pp. 143-150.
- [30] P. Sánchez-García; A. Ramírez-García; A. Cruz-León and P. Montes-Rentería, “Técnica de boleo: sistema de captación de agua para siembras en humedad residual utilizado por productores de Masiaca, Sonora,” *Ra Ximhai*, vol. 11, no. 5, pp. 139-155, December 2015.
- [31] A. Palerm, “Evolución ecológica del valle de México,” in México prehispánico, C. Viqueira, Ed. México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 1970, pp. 58-197.
- [32] P. Zapata, *Los chultunes. Sistemas de captación y almacenamiento de agua pluvial*, 1st ed., México D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia, 1989, p. 159.
- [33] R. González, “Trabajos de Abastecimiento de agua en la antigua ciudad de México, el origen de una civilización majestuosa,” unpublished.
- [34] V. Palerm, “Las galerías filtrantes o qanats en México: Introducción y tipología de técnicas,” *Agricultura, sociedad y desarrollo*, vol. 1, no. 2, pp. 133-145, December 2004.
- [35] B. De Bièvre and L. Acosta, “Mountain Waters,” in Mountains and Climate Change: A Global Concern, T. Kohler, M. Giger, H. Hurni, C. Ott, U. Wiesmann, S. Wymann von Dach, and D. Maselli, Eds. Bern: Swiss Agency for Development and Cooperation, 2014.
- [36] B. Ochoa-Tocachi, J. Bardales, J. Antiporta, L. Acosta, F. Mao, Z. Zulkafli, J. Gil-Ríos, O. Angulo, S. Grainger, G. Gammie, B. De Bièvre and W. Buytaert, “Potential contributions of pre-Inca infiltration infrastructure to Andean water security,” *Nature Sustainability*, vol. 2, pp. 584-593, 2019.

- [37] Las “Amunas” para siembra y cosecha de agua. Huarochiri, Perú, Gestión del conocimiento y desarrollo de capacidades para promover la gestión integral del agua en la agricultura familiar (GIAAF). <http://giaaf.pe.iica.int/getattachment/a43f2d7a-a683-4079-92b5-c9087e6c3699/las-amunas-siembra-cosecha-agua-Huarochiri.aspx>
- [38] Depósitos subterráneos pueden almacenar 600 mil veces más agua que los embalses, Economía y Negocios Online. <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=477469>
- [39] K. Wright and A. Valencia, *Machu Picchu: A Civil Engineering Marvel*, 1st ed., Virginia: American Society of Civil Engineers, 2000, pp.6-9.
- [40] J. Flores and P. Paz-Flores, “El cultivo en qocha en la puna sur Andina,” in *Evolución y tecnología de la agricultura andina*, A. Fries, Ed. Cuzco: IICA/ILSI, 1983, pp. 44-85.
- [41] C. Erickson, “The Lake Titicaca Basin: A Pre-Columbian Built Landscape”, in *Imperfect Balance: Landscape Transformations in the Precolumbian Americas*, D. Lentz, Ed. New York: Columbia University Press, 2000, pp. 311-356.
- [42] G. Soto, “Captación de agua de las nieblas costeras (camanchaca), Chile,” in *Manual de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia*, Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2000, pp. 131-138.
- [43] R. DiNapoli, C. Lipo, T. Brosnan, T. Hunt, S. Hixon, A. Morrison and M. Becker, “Rapa Nui (Easter Island) monument (ahu) locations explained by freshwater sources,” *PLoS ONE*, vol. 14, no. 1, January 2019.
- [44] T. Brosnan, M. Becker and C. Lipo, “Coastal groundwater discharge and the ancient inhabitants of Rapa Nui (Easter Island), Chile,” *Hydrogeology Journal*, vol. 27, pp. 519-534, January 2019.
- [45] K. Stohert, “Las albarradas tradicionales y el manejo de aguas en la Península de Santa Elena,” *Boletín del Área Cultural del Banco Central del Ecuador*, vol. 8, pp. 131-160, 1995.
- [46] Manejo del agua en las Costas del Ecuador, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). <http://www.http://albarradas.espol.edu.ec/>
- [47] J. Marcos and O. Tobar, *La Investigación Arqueológica e Histórica de las Albarradas de la Costa*, 1st ed., Guayaquil: CEEA-ESPOL, 2004.
- [48] F. Valdez, *Agricultura ancestral Camellones y Albarradas. Contexto social, usos y retos del pasado y del presente*, Mill Valley, Quito: Ediciones Abya-Yala, 2006.
- [49] P. Carrión, G. Herrera, J. Briones, C. Sánchez, and J. Limón, “Practical adaptations of ancestral knowledge for groundwater artificial recharge management of Manglaralto coastal aquifer, Ecuador,” in *Sustainable Development and Planning X*, vol. 217, G. Passerini and N. Marchettini, Eds. WIT Press: UK, 2018, pp. 557-568, ISBN 978-1-78466-291-2.
- [50] G. Herrera, P. Carrión & J. Briones, “Prácticas de gestión para una comunidad sostenible y su incidencia en el desarrollo, Manglaralto-Santa Elena, Ecuador,” 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities”, 2019, ISBN 978-0-9993443-6-1.
- [51] F. Morante, F. Montalván, P. Carrión, G. Herrera, J. Heredia, F. Erloza, D. Pilco & J. Solorzano, “Hydrochemical and geological correlation to establish the groundwater salinity of the coastal aquifer of the Manglaralto river basin, Ecuador,” *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, vol. 229, pp. 139-149, September 2019.
- [52] La Siembra y Cosecha del Agua en Iberoamérica; un sistema ancestral de gestión del agua que utiliza Soluciones Basadas en la Naturaleza, Tierra y Tecnología (T&T). <https://www.icog.es/TyT/index.php/2020/02/la-siembra-y-cosecha-del-agua-en-iberoamerica-un-sistema-ancestral-de-gestion-del-agua-que-utiliza-soluciones-basadas-en-la-naturaleza/>
- [53] T. Rodríguez, M. Martínez & A. Romero, “Utilización de diques de corrección hidrológica ya existentes para recarga de acuíferos y propuesta de otros nuevos en la cuenca del río Quipar (Sureste de España),” in *Las aguas subterráneas en los países mediterráneos*, vol. 17, J. López, R. Fernández and G. Ramos, Eds. Madrid: IGME, 2006, pp. 413-418
- [54] La recarga artificial de acuíferos, Ministerio de Economía y Competitividad de España. <https://www.esferadelagua.es/agua-y-tecnologia/recarga-artificial-de-acuiferos>.
- [55] Objetivos del Desarrollo Sostenible 2030 (ODS 2030), Organización de las Naciones Unidas (ONU). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [56] G. Herrera, P. Carrión, J. Briones, “Geotourism potential in the context of the Geopark project for the development of Santa Elena province, Ecuador,” *Sustainable Development and Planning X*, 1st ed.; Passerini, G., Marchettini, N., Eds.; WIT Press: UK, 2018; Volume 217, pp. 557-568, ISBN 978-1-78466-291-2