

SACAR AGUA DE LAS ROCAS

MEDIAN

CHAND BAORI ESEK SITNA RAHOBOT SEBA ZAMZAM MONTILLA DE AZUER

NICACYACUC										SOLÓN
CHIRIYACUC	C	DZONOT		M		FUENTE	G			PLATÓN
LLACTANA	E		POZO	A			L			TALES DE MILETO
BANDAO	N		MAYRAS	T		PROFLUENS	E			ARISTÓTELES
CLEPSIDRA	O			A		GEBE	R			HOMERO
NOS	T	MANANTIAL		R		MEQÔR	I			ZEUS
ESCAMANDRO	E			C			A			AQUILES
MESEIDE	S	O	ALJIBE	E		QANAT				OCEANO
ALCÍNOA		A		S			BEËR			HÉCTOR
HIPEREA		S	BAOLI	I		RASS				VITRUVIO
ARTACIA		I		N		BAORI				PLINIO
ARETUSA	B	S		O		AQUAE SALIENS	B			AL-KARAJI
	A	MATRICH		B		FUENTE TERMAL	A			CONFUSIO
	U			A		CISTERNA	W			ATAHUALPA
	L	NINFEOS		V			D			
	I			A			I			

ABRAHAM ISAAC ISMAEL MOISES JOSÉ JACOB JESÚS MAHOMA
MARÍA

SACAR AGUA DE LAS ROCAS

“Nunca se aprecia el valor del agua hasta que se seca el pozo.”

Proverbio Ingles

A Eva, mi hija de 10 años, por enseñarme las técnicas de búsqueda de agua subterránea en África y por ilustrar varias de las imágenes de este documento.

PRESENTACIÓN

Sacar agua de las rocas, es una adaptación del refrán que dice: “*Sacar agua de las piedras*”. Su significado, aunque pueda ser enfocado como fantástico, o milagroso, en realidad está orientado, en este documento, al aprovechamiento que a lo largo de la historia, diversas culturas han hecho del agua subterránea. Si, esa agua que viaja entre los poros y fracturas de las rocas y que el ser humano a lo largo del tiempo, la ha aprovechado para satisfacer sus necesidades, ya sea a partir de la captación de manantiales o de la extracción por medio de pozos excavados y perforados.

Sin pretender ser un trabajo exhaustivo, por medio de: refranes, proverbios, fábulas, pasajes bíblicos, poesía, tratados jurídicos, documentos científicos, se da una visión general de cómo la búsqueda y aprovechamiento del agua subterránea en 12 culturas ha influido en el desarrollo de la humanidad.

Nombres específicos de pozos y manantiales, así como diversos sinónimos y términos equivalentes en las diversas culturas, personajes bíblicos, filósofos y científicos son descritos en este documento.

Sacar agua de las rocas, es un aporte del proyecto de Acción Social denominado: *La Cultura del Agua como instrumento para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico*, inscrito en la Universidad de Costa Rica, que enfoca uno de sus objetivos específicos a; contribuir al fortalecimiento de la Cultura del Agua, por medio de la divulgación y capacitación con respecto a la situación de este recurso a nivel nacional, para que la información sea utilizada en la toma de decisiones.

Con la intención de que documento sea divulgado y utilizado por todos aquellos que lo requieran, se autoriza su reproducción, parcial o total, siempre y cuando se cite apropiadamente la fuente.

ÍNDICE

Contenido	Página
Tradición Judío Cristiana.	2
Pozo de Moises.	3
Pozo de José.	3
Pozo de María.	3
Pozo de Jacob.	5
Imperio Chino.	11
La rana en el pozo.	12
El hombre al fondo del pozo.	13
El pozo.	14
Cultura Helénica.	15
Roma.	21
Tradición Islámica.	25
Pozo de Zamzam (pozo de Ismael)	25
Moises, el pozo y cómo sacó agua de las rocas con su báculo	26
El agua como bien sagrado	28
India.	33
Hispania.	34
El pozo más antiguo de la Península Ibérica.	34
Al Andalus, S. XI.	36
Madrid.	37
Iran.	40
Culturas Precolombinas.	43
Cenote, el pozo maya sagrado.	43
El agua en Tikal.	45
Copán.	46
Los Baños del Inca.	47
Machu Picchu.	49
Tipón.	52
África Occidental.	53
Australia.	56

Costa Rica.	58
Cosmovisión de la cultura Maleku.	58
El aprovechamiento del agua subterránea.	60
Estudio hidrogeológico para la delimitación de las zonas aptas para perforar en el distrito central de Oreamuno, Cartago.	66
Contribución socioeducativa en el aprovechamiento y protección de manantiales y pozos.	71
Bibliografía.	74

SACAR AGUA DE LAS ROCAS

“No hay tema más hermoso, ni arte más sutil y provechoso que la explotación de las aguas subterráneas. Ellas son las que hacen posible el cultivo del suelo y la vida de los habitantes”

Al-Karayi

TRADICIÓN JUDIO-CRISTIANA

En la iconografía del cristianismo, como en el de otras religiones, el brocal del pozo en un elemento casi recurrente. En la Biblia, al ser un libro para un pueblo de pastores, el pozo representa un lugar de encuentro. (Rovira, 1990).

Los pozos de agua, tienen una gran relevancia como fuente de agua dulce en la Palestina Antigua. En el desierto, encontrar un pozo es cuestión de vida o muerte. Cavarlo era ocasión de alegría (Num.21:27). Eran tan importantes para la comunidad, que se convertirán en lugares de peleas y discusiones, como vemos en el conflicto entre Abraham y Abimilech (Gen. 21: 25-26). Se encontraban pozos en lugares desérticos (Gen. 16: 7,14), en los campos (Gen. 29:2), en las ciudades (2 Sam. 2:15). El pozo es fuente de vida. Los pozos bíblicos son el umbral que; con frecuencia, marcan cambios importantes en la vida de las personas.

Los pozos por lo general tenían alrededor un brocal y estaban cubiertos con una gran piedra, sin duda para que no entre contaminantes y evitar que animales o personas cayeran en ellos. (Gen 29:2-3; Éxodo 2:15-16.) Cerca de algunos pozos había pilones o canales para abreviar los animales domésticos. (Gen 24:20; Éxodo 2:16-19.) Por las colinas de Palestina se excavaron pozos en la piedra caliza, y muchas veces se labraban en la roca peldaños que llevaban hasta el agua. Para sacar agua de algunos pozos, había que descender a su interior y sumergir una vasija directamente en ella. Sin embargo, cuando el agua estaba a mucha profundidad, solía sacarse por medio de un pozal de cuero (Num. 24:7) o un jarro de barro (Gen. 24:16) suspendido de una cuerda.

Algunos de los pozos más destacados son:

LOS POZOS DE ISAAC

El Génesis: 26: 20-33 narra la historia de los cuatro pozos de Isaac, quien volvió a cavarlos debido a que los filisteos los aterraron cuando su padre Abraham murió. Isaac les puso los mismos nombres que su padre, estos nombres en hebreo y traducción libre al español son: Esek (Pelea), Sitna (Oposición), Rehobot (Libertad), Seba (Juramento- Pacto).

POZO DE MOISES

En Exódo, 17, se narra como Dios saca agua de la roca:

Los israelitas se fueron del desierto de Sin, y se detenían en cada lugar que Dios les ordenaba. Al llegar a un lugar llamado Refidim, acamparon pero no encontraron agua, así que le reclamaron a Moisés: ¡Tenemos sed! ¡Danos agua!

Moisés les contestó: ¿Y por qué me reclaman a mí? ¿Por qué dudan del poder de Dios?

Pero era tanta la sed que tenían, que comenzaron a criticar a Moisés y le dijeron:

-¿Para esto nos sacaste de Egipto? ¿Para matarnos de sed, junto con nuestros hijos y nuestros animales?

Entonces Moisés le pidió ayuda a Dios, y le dijo: ¿Qué voy a hacer con esta gente? ¡Poco les falta para matarme a pedradas!

Dios le contestó: Quiero que lleves a los israelitas hasta la montaña de Horeb. Allí estaré esperándote, sobre la roca. Tú adelántate, y llévate a algunos de los jefes del pueblo. Llévate también la vara con la que convertiste en sangre el agua del río Nilo. Cuando llegues allá, golpea la roca con la vara. Así saldrá agua de la roca, y todos podrán beber.

Moisés hizo todo esto en presencia de los jefes del pueblo. A ese lugar le puso por nombre Meribá, que significa “reclamo”, pues el pueblo le había reclamado a Dios. También lo llamó Masá, que quiere decir “duda”, porque habían dudado del poder de Dios para cuidarlos.

EL POZO DE JOSÉ

Según el relato bíblico del libro del Génesis (Gen. 37), José fue uno de los doce hijos de Jacob. Era el hijo preferido de su padre y sus hermanos lo envidiaban por eso. Un día, sus hermanos, al ver desde lejos que venía José al campo donde ellos estaban, planearon matarlo. Rubén, el mayor de los hermanos, intentó convencerlos de que no era buena idea, pero cuando José llegó lo arrojaron a un pozo de agua vacío y lo tuvieron atrapado hasta decidir qué hacer con él. Al día siguiente pasó por ese lugar una caravana de mercaderes que se dirigían a Egipto y los hermanos de José lo vendieron como esclavo.

EL POZO DE MARÍA

El Pozo de María está localizado en el centro de la ciudad de Nazaret. El sitio es en realidad una moderna fuente de agua potable, que fue construida sobre el antiguo pozo. El pozo obtiene su agua por tuberías de un manantial natural a unos 200 m al norte del pozo.



Pozo de María
Foto: Wikimedia Commons contributors. Dominio Público.

Diversos estudios realizados por Harry y otros en el 2006, a partir de imágenes de georadar del subsuelo (GPR) y dataciones de carbono catorce (^{14}C) confirman la presencia de varias estructuras subterráneas adicionales, que se han correlacionado las épocas bizantinas y romanas.

Según la tradición ortodoxa, éste fue el lugar donde la Virgen María, madre de Jesús, fue anunciada por el arcángel Gabriel que ella tendría un hijo de Dios. Según la costumbre católica, el anuncio se dio en la casa de María, hoy Basílica de la Anunciación, localizada a unos metros del pozo. Por tal motivo; aunque el pozo no es mencionado en el relato bíblico de Lucas 1: 26-38, la tradición de la Anunciación narra lo siguiente:

"Tomó la jarra y salió al pozo a sacar agua y aquí, una voz dice: "Ave María, llena de gracia, bendita eres entre las mujeres". Buscó a la derecha y a la izquierda para ver de dónde provenía la voz y comenzó a temblar. Luego regresó a su casa, dejando de lado la jarra, se sentó, tomó la púrpura y comenzó a girar. A continuación, un Ángel de Dios apareció ante ella diciéndole: "No temas María, pues has encontrado favor con Dios y tu concebirás palabra de Dios..."

EL POZO DE JACOB

La Biblia relata en Génesis 33:18-19 que Jacob regresó de las tierras de Harán a Canaán con toda su familia y con abundante ganado; se estableció en las afueras de la antigua ciudad de Siquem y llegó a comprar el terreno que ocupaba, pagando por él 100 monedas de plata a los hijos de Hamor.

En el siglo I de nuestra era, el pozo de Jacob, se había convertido en un lugar de peregrinaje para muchos, ya que fue aquí donde tuvo lugar el encuentro de Jesús con la mujer samaritana, narrado en el evangelio de Juan, en 4: 6-12, en el que cita que un viaje a Galilea, Jesús pasó por Samaria, era ya mediodía cuando llegó al valle de Siquem. A la entrada de dicho valle, se hallaba el pozo de Jacob.

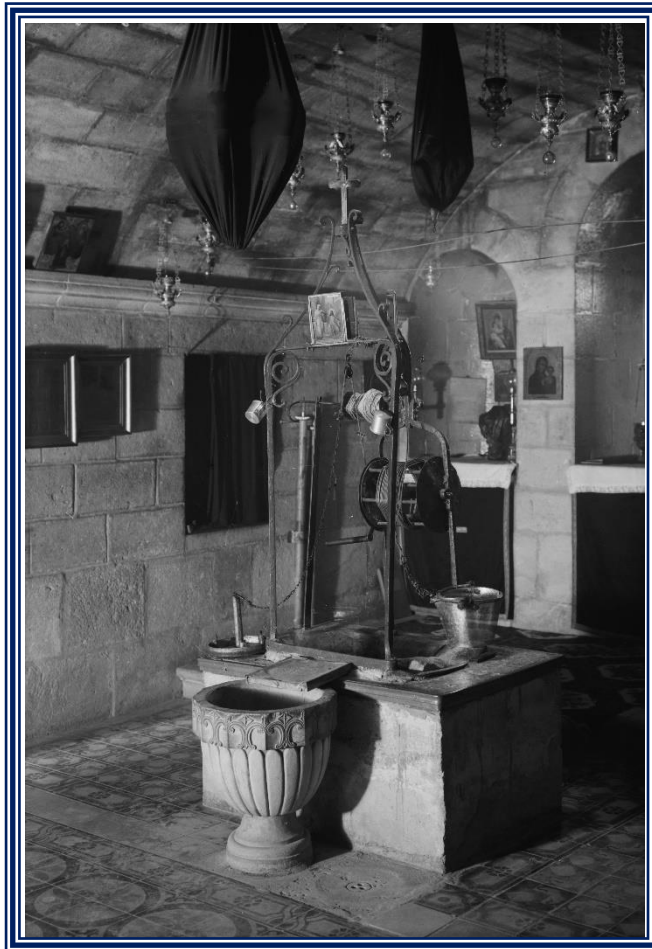
El viaje hecho desde la mañana había sido largo, y se hallaba ahora bajo los rayos del sol de mediodía. Mientras Jesús estaba sentado sobre el brocal del pozo, su sed era intensificada por la evocación del agua fresca que estaba tan cerca, aunque inaccesible para él; porque no tenía cuerda ni cántaro, y el pozo era hondo.

Mientras aguardaba que alguien llegara al pozo para sacar agua, se acercó entonces una mujer de Samaria, y sin prestar atención a su presencia, llenó su cántaro de agua. Cuando estaba por irse, Jesús le pidió que le diese de beber.

La mujer no había comprendido las palabras de Cristo, pero sintió su solemne significado. Empezó a cambiar su actitud despreocupada. Suponiendo que Jesús hablaba del pozo que estaba delante de ellos, dijo: "Señor, no tienes con qué sacarla, y el pozo es hondo: ¿de dónde, pues, tienes el agua viva? ¿Eres tú mayor que nuestro padre Jacob, que nos dio este pozo, del cual él bebió?"

En el siglo IV, el pozo quedó ubicado en el interior de una iglesia bizantina que fue construida a su alrededor, actualmente se puede visitar, pues el lugar está abierto al turismo, en la cripta de la iglesia ortodoxa Be'er Ya'akov.

Según Barry (2014), el pozo en la actualidad tiene 23 m de profundidad y 2,9 m de anchura. Se encuentra excavado en piedra caliza y es alimentado por diversos manantiales cercanos, los cuales han permitido que siga teniendo agua.



El Pozo de Jacob, Capilla Ortodoxa Be'er Ya'akov.

Foto: Matson Photo Servic, Fotografías de la Biblioteca del Congreso los Estados Unidos de América. Dominio Público.

En la Biblia, hay al menos 60 versículos que hacen referencia a pozos de agua, aunque claro está, según la versión, algunas de ellas hacen uso indistinto entre pozo, aljibe, cisterna e incluso manantial.

La tabla siguiente, detalla los diversos pasajes bíblicos en los cuales los pozos tienen un significado importante.

Pasaje Bíblico	Libro, capítulo y versículo
Por lo cual llamó al pozo, Pozo del Viviente que me ve. He aquí está entre Cades y Bered.	Génesis 16:14
Entonces Dios le abrió los ojos y vio un pozo de agua. Llenó el recipiente de cuero y dio de beber al niño.	Génesis 21:19
Y de inmediato Abraham se quejó ante Abimelec de que algunos servidores de éste se habían apoderado por la fuerza de un pozo que le pertenecía.	Génesis 21:25
Le respondió Abraham: «Acepta estas siete ovejas de mi mano, como prueba de que ese pozo lo he excavado yo.	Génesis 21:30
Por lo cual llamó aquel lugar Beersebá (Pozo del Juramento), porque allí juraron los dos.	Génesis 21:31
É hizo arrodillar los camellos fuera de la ciudad, junto a un pozo de agua, a la hora de la tarde, a la hora en que salen las doncellas por agua.	Génesis 24:11
Y se dio prisa, y vació su cántaro en la pila, y corrió otra vez al pozo para sacar agua, y sacó para todos sus camellos.	Génesis 24:20
Y venía Isaac del pozo del Viviente que me ve; porque él habitaba en la tierra del mediodía.	Génesis 24:62
Y sucedió, después de muerto Abraham, que Dios bendijo a Isaac su hijo; y habitó Isaac junto al pozo del Viviente que me ve.	Génesis 25:11
Después los hombres de Isaac hicieron excavaciones en el valle y dieron con una capa de agua.	Génesis 26:19
Y los pastores de Gerar riñeron con los pastores de Isaac, diciendo: El agua es nuestra; por eso llamó el nombre del pozo Esek (Pelea), porque habían altercado con él.	Génesis 26:20
Y abrieron otro pozo, y también riñeron sobre él; y llamó su nombre Sitna (Pleito).	Génesis 26:21
Y se apartó de allí, y abrió otro pozo, y no riñeron sobre él; y llamó su nombre Rehobot (Libertad), y dijo: Porque ahora nos ha hecho ensanchar el Señor y fructificaremos en la tierra.	Génesis 26:22
Y edificó allí un altar, e invocó el nombre del Señor, y tendió allí su tienda; y abrieron allí los siervos de Isaac un pozo.	Génesis 26:25
Y en aquel día sucedió que vinieron los criados de Isaac, y le dieron nuevas acerca del pozo que habían abierto, y le dijeron: Agua hemos hallado.	Génesis 26:32
Y lo llamó Seba (Juramento). Por eso el nombre de la ciudad es Beersebá (Pozo del Juramento) hasta hoy.	Génesis 26:33
Y miró, y vio un pozo en el campo; y he aquí tres rebaños de ovejas que yacían cerca de él; porque de aquel pozo abrevaban los ganados; y había una gran piedra sobre la boca del pozo.	Génesis 29:2
Allí se juntaban todos los pastores, removían la piedra, sacaban agua para los rebaños y volvían a colocar la piedra sobre la boca del pozo.	Génesis 29:3

Los pastores respondieron: “No podemos hacer eso hasta que no se junten todos los rebaños y se haya sacado la piedra de la boca del pozo. Entonces damos de beber a las ovejas”.	Génesis 29:8
Apenas Jacob vio a Raquel, hija de Labán, hermano de su madre, se acercó al pozo, movió la piedra de la boca del pozo y dio agua a las ovejas de Labán.	Génesis 29:10
Este es el momento: matémoslo y echémoslo en un pozo cualquiera, y diremos que algún animal feroz lo devoró. ¡Ahí vamos a ver en qué quedan sus sueños!	Génesis 37:20
Rubén les dijo además: No derramáis sangre. Echadlo en este pozo del desierto, pero no le pongáis la mano encima. Esto dijo para poder librarlo de las manos de ellos y volverlo a su padre.	Génesis 37:22
Y lo tomaron y lo echaron en el pozo. Y el pozo estaba vacío, no había agua en él.	Génesis 37:24
Pasaron entonces unos mercaderes madianitas, y ellos sacaron a José, subiéndolo del pozo, y vendieron a José a los ismaelitas por veinte piezas de plata. Y éstos llevaron a José a Egipto.	Génesis 37:28
Cuando Rubén volvió al pozo, he aquí, José no estaba en el pozo; entonces rasgó sus vestidos.	Génesis 37:29
De hecho, le llegó la noticia al Faraón y buscó a Moisés para matarlo, pero Moisés huyó de la presencia de Faraón y se fue a vivir al país de Madián. Allí se sentó junto a un pozo.	Éxodo 2:15
Si uno deja abierto un pozo, o si no tapa el pozo que está cavando, y luego cae en él un buey o un burro, el propietario del pozo pagará al dueño de los animales el precio en dinero, pero el animal muerto será suyo.	Éxodo 21:33-34
Déjanos atravesar tu territorio; no atravesaremos por tus campos ni por tus viñas, ni beberemos el agua de tus pozos. Iremos por el camino real sin apartarnos ni a la derecha ni a la izquierda, hasta el día en que hayamos atravesado tu país.	Números 20:17
De allí partieron para Beer. A propósito de ese pozo Yavé le dijo a Moisés: “Reúne al pueblo y le daré agua”.	Números 21:16
Entonces Israel entonó este cántico: “¡Oh pozo! ¡Levántate y canta!”	Números 21:17
¡Pozo que cavaron los jefes, pozo que perforaron los príncipes del pueblo con su cetro y su bastón! Del desierto subieron a Matana,	Números 21:18
Salió él mismo entonces rumbo a Ramá y llegó al gran pozo que está en Secú. Allí preguntó: “¿Dónde están Samuel y David?” Le respondieron: “Están en las Celdas, cerca de Ramá”.	1 Samuel 19:22
Apenas salió de la casa de David, y sin decirle nada a éste, Joab mandó unos mensajeros al pozo de Sirá para que volviera Abner.	2 Samuel 3:26
Pero un joven los vio y dio aviso a Absalón. Entonces ambos salieron huyendo y se refugiaron en casa de un hombre de Bajurim. Había en el patio un pozo donde se escondieron.	2 Samuel 17:18
La mujer tomó un pedazo de cuero, lo extendió sobre el brocal del pozo y desparramó encima grano, de tal modo que no se veía nada.	2 Samuel 17:19

Después que se fueron, Ajimaas y Jonatán salieron del pozo y fueron a prevenir a David: “Salgan inmediatamente, apresúrense en cruzar el río, porque esto fue lo que respecto a ustedes aconsejó Ajitofel”.	2 Samuel 17:21
David tuvo un deseo y dijo: “¿Quién pudiera traerme agua para tomar del pozo que está a la entrada de Belén?”.	2 Samuel 23:15
Los tres valientes se abrieron paso a través del campamento de los filisteos, sacaron agua del pozo que está a la entrada de Belén, la llevaron y se la pasaron a David. Pero éste no quiso tomarla y la derramó como ofrenda ante Yavé.	2 Samuel 23:16
Entonces Jehú dijo: “¡Deténganlos!”. Los apresaron y los degollaron en el pozo de Bet-Equed. Eran cuarenta y dos; a ninguno dejó Jehú con vida.	2 Reyes 10:14
No hagan caso a Ezequías, sino más bien al rey de Asur que les dice: Hagan la paz conmigo, ríndanse, y cada uno de ustedes seguirá comiendo de su viña y de su higuera, y bebiendo el agua de su pozo.	2 Reyes 18:31
Le vino entonces a David un deseo y dijo: “Quién me diera a beber agua del pozo que hay en la puerta de Belén”.	1 Crónicas 11:17
Al punto estos tres irrumpieron en medio del campamento de los filisteos, sacaron agua del pozo que hay en la puerta de Belén, se la llevaron y se la ofrecieron a David. Pero David no quiso beberla, sino que la derramó en el suelo y la ofreció a Yavé, diciendo:...	1 Crónicas 11:18
Pozo ha cavado, y lo ha ahondado; y en la fosa que hizo caerá.	Salmos 7:15
Y me hizo sacar del pozo de la desesperación, del lodo cenagoso; y puso mis pies sobre peña, y enderezó mis pasos.	Salmos 40:2
Mas tú, oh Dios, los harás descender al pozo de la sepultura; los varones sanguinarios y engañadores no vivirán ni la mitad de sus días; pero yo confiaré en ti.	Salmos 55:23
No me anegue el ímpetu de las aguas, ni me trague la hondura, ni el pozo cierre sobre mí su boca.	Salmos 69:15
Bebe el agua de tu cisterna y la que fluye de tu propio pozo.	Proverbios 5:15
Porque la prostituta es una fosa profunda y la mujer extraña, un pozo estrecho.	Proverbios 23:27
Manantial enturbiado y pozo contaminado es el justo que vacila ante el malvado.	Proverbios 25:26
Sí, acuérdate de él antes que se corte la hebra de plata y se quiebre la ampolla de oro, antes que se haga pedazos el cántaro en la fuente y se rompa la cuerda del pozo.	Eclesiastés 12:6
¡Fuente que riega los jardines, pozo de agua viva, que fluye desde el Líbano!	Cantares 4:15
Y vuestro quebrantamiento, será como quebrantamiento de vaso de alfarero, que sin misericordia lo hacen pedazos; ni entre los pedazos se halla un tiesto para traer fuego del hogar, o para coger agua de un pozo.	Isaías 30:14
No escuchéis a Ezequías, porque el rey de Asiria dice así: Haced conmigo paz, y salid a mí; y coma cada uno de su viña, y cada uno de su higuera, y beba cada cual las aguas de su pozo.	Isaías 36:16

Como un pozo mantiene frescas sus aguas, así ella mantiene fresca su maldad. En ella se oyen violencia y destrucción; ante mí hay de continuo enfermedades y heridas.	Jeremías 6:7
Y Él les dijo: ¿Qué hombre habrá de vosotros, que tenga una oveja, y si ésta cayere en un pozo en sábado, no le eche mano, y la levante?	Mateo 12:11
Y respondiendo a ellos dijo: ¿El asno o el buey de cuál de vosotros caerá en algún pozo, y no lo sacará luego en día de sábado?	Lucas 14:5
Allí se encuentra el pozo de Jacob. Jesús, fatigado del camino, se había sentado junto al pozo. Era la hora del mediodía.	Juan 4:6
Señor, le dijo ella, “no tienes nada para sacar el agua y el pozo es profundo”. ¿De dónde sacas esa agua viva?	Juan 4:11
¿Eres acaso más grande que nuestro padre Jacob, que nos ha dado este pozo, donde él bebió, lo mismo que sus hijos y sus animales?	Juan 4:12

IMPERIO CHINO

En la antigüedad, los pozos fueron una de las formas de abastecimiento más usadas, y su aparición en la vida del Imperio podría mostrar el momento en el que las poblaciones chinas comenzaron a dejar de depender del agua de los ríos y comenzar a vivir de manera sedentaria.

Los pozos más antiguos de China, fueron encontrados recientemente (año 2018) por arqueólogos en la provincia de Henan, es un conjunto de seis pozos que datan de hace nueve mil años.

En los pozos ahora descubiertos en la cuenca del Río Amarillo, cuna de la civilización China, se han encontrado cinco vasijas de cerámica en buen estado de conservación, y que presentaban asas que atadas a una cuerda podían servir para que los pobladores de la zona extrajeran agua.

Los pozos tienen 5,2 m de profundidad y algunos de ellos tienen escalones que los expertos consideran que fueron construidos para poder acceder a mayores profundidades o recuperar vasijas caídas.

La leyenda del nacimiento de Confucio, está asociada también a un pozo: así lo narra Luo, 2006 en su libro: La historia de Confucio "...su madre, estando muy sedienta debido a la excesiva pérdida de sangre por el parto, estaba ansiosa de encontrar agua. De pronto descubrió que había un pozo con agua clara. Desafortunadamente, el pozo era demasiado hondo. Ante esto, se dijo a sí misma: "Qué bueno sería que el pozo estuviera al revés de modo que pudiera yo sacar un poco de agua para beber". No había terminado de pronunciar estas palabras, cuando el pozo, poco a poco se inclinó de modo que ella pudiera alcanzar el agua fácilmente y mamá Yan, pudo beber bien. El pozo se conoció como el pozo Bandao (pozo inclinado). Este pozo todavía está ahí, al este del monte Ni, al lado del templo Memorial de la Madre Yan, con agua pura, fácil de alcanzar".

En la cultura China, una de sus frases más extendidas de Confucio es: "excava el pozo antes de que tengas sed", haciendo alusión a la necesidad de prevenir. Otro de sus proverbios, se refiere a: "El trabajo del pensamiento se parece a la perforación de un pozo: el agua es turbia al principio, más luego se clarifica", expresando de manera metafórica cómo llegamos a conclusiones certeras.

Las fábulas Chinas, son alegorías inspiradas en anécdotas de la vida y las leyendas históricas que el pueblo usaba como una forma de comunicación. Estas fábulas satirizaban a menudo a la sociedad y a los acontecimientos contemporáneos y desfavorecían mucho a los gobernantes; por eso no es de extrañar que estos últimos quisieran eliminarlas (Tonos, 2005).

La primera fabula que se detalla a continuación habla sobre la necesidad de abrir la mente y oír otras opiniones y conocer otras culturas para poder entender lo que tenemos alrededor. Esta historia quiere recordarnos la importancia de no conformarse con lo que somos, de no dejarse llevar por los prejuicios y de buscar siempre motivos de superación.

LA RANA EN EL POZO (Zhuang Zi)

En un pozo poco profundo vivía una rana.



La Rana en el Pozo

Dibujo: Eva Arias, 2019. Composición fotográfica: Mario Arias, 2019.

¡Mira qué bien estoy aquí! – le decía a una gran tortuga del Mar del Este –. Cuando salgo puedo saltar alrededor, sobre el brocal, y cuando regreso puedo descansar en las hendiduras de los ladrillos. Puedo chapalear, sacando sólo la cabeza fuera del agua, hasta llenar mi corazón de gozo; o andar sobre el lado suave con los pies sumergidos hasta los tobillos. Ni los cangrejos, ni los renacuajos pueden compararse conmigo. Soy amo del agua y señor de este pozo. ¿Qué más puede ambicionar un ser? ¿Por qué no vienes aquí, más a menudo, a pasar un rato?

Antes que la tortuga del Mar del Este pudiera meter su pie izquierdo en el pozo, sin saber cómo, ya su pie derecho se había enganchado con algo. Se detuvo y retrocedió; entonces comenzó a describir a la rana el océano.

Tiene más de mil *li* (500 m) de ancho y más de mil *ren* (2,5 m) de profundidad. En otros tiempos había inundaciones nueve años de cada diez; sin embargo, el agua del océano no aumentaba. Después hubo sequía siete años de cada ocho, sin embargo, el agua del océano no disminuía. Se ha mantenido igual a través de los años. Por eso me gusta vivir en el Mar del Este.

La rana, en el pozo insignificante, se quedó atolondrada y sintió algo de vergüenza.

EL HOMBRE AL FONDO DEL POZO (Zi Hua Zi)

Hubo en otro tiempo en el Reino de Song, un tal señor Ding que no tenía pozo. Cada día, un hombre de la servidumbre dedicaba todo su tiempo para asegurarle el servicio del agua, pues debía ir a buscarla muy lejos. Para simplificar el trabajo, Ding hizo cavar un pozo en el patio.

Al hacer cavar ese pozo en mi patio, me he ganado un hombre – le dijo a un amigo.

Este amigo se lo contó a otro, y, pasando de boca en boca, la observación se convirtió en esto: “El Señor Ding, al cavar un pozo en su patio, encontró a un hombre”.

Estas palabras se divulgaron a través de toda la región y llegaron a oídos del rey, quien hizo llamar a Ding para saber de qué manera había encontrado a un hombre en el fondo de su pozo.

Ding le explicó: Ese pozo cavado en mi patio, me evitó el tener que acarrear el agua desde tan lejos y por lo tanto me proporcionó dos brazos más para los trabajos de casa, ¡eso es todo!

EL POZO (Shen Meng Zi)

Un pozo fue horadado a orillas de un camino. Los viajeros se sentían felices de poder sacar agua para apagar su sed. Un día se ahogó un hombre en él, y desde entonces todo el mundo empezó a censurar a quien había cavado el pozo en aquel lugar.



**Pozo excavado a la orilla del camino
Foto: Mario Arias, 2014.**

CULTURA HELÉNICA

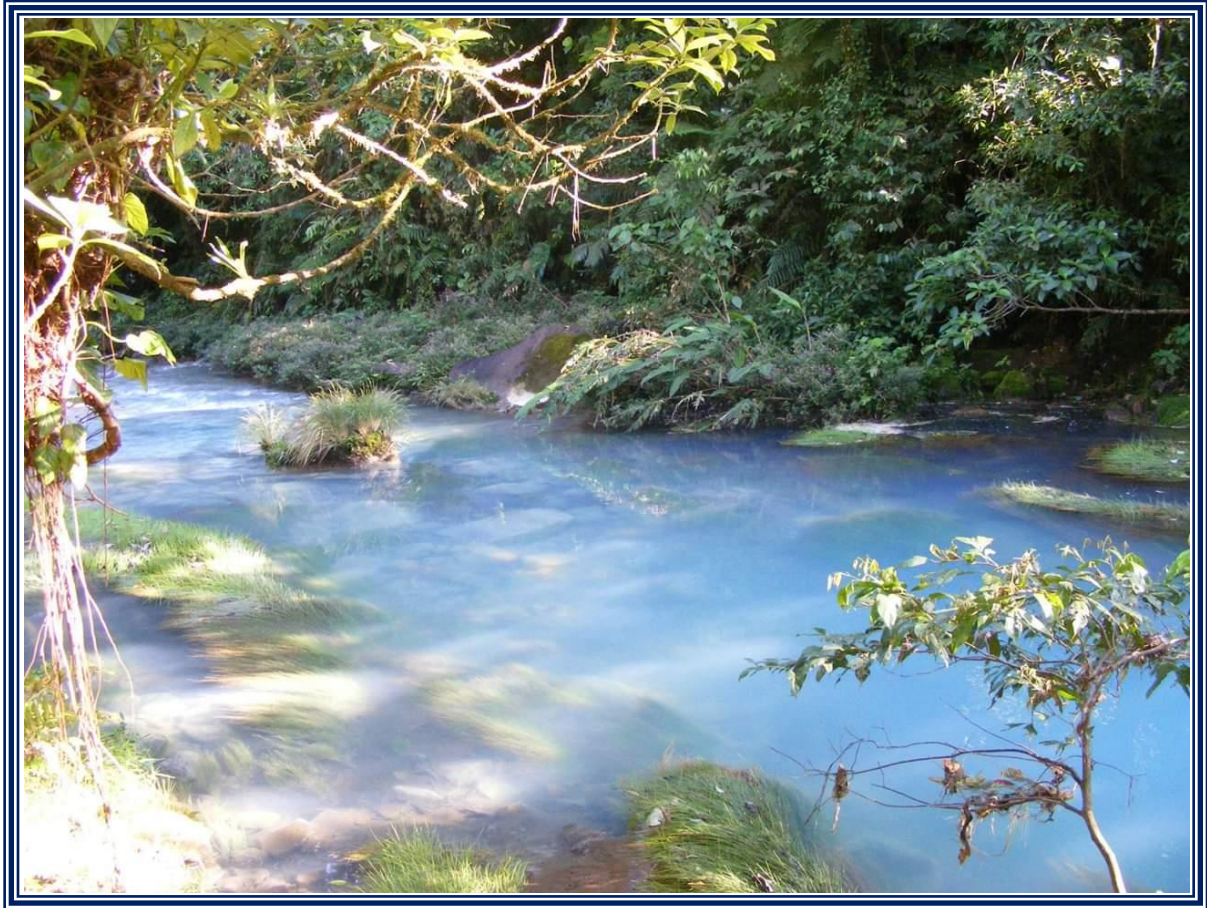
Los atenienses pusieron un gran cuidado para mantener el aprovisionamiento de agua de su ciudad. Los primeros habitantes se establecieron en la Acrópolis por sus condiciones naturales de defensa y porque tenía tres fuentes naturales, siendo la más famosa la llamada Clepsidra. Pero estos manantiales no bastaban para proporcionar el agua que la gente necesitaba, por lo que se acostumbraron a hacer pozos, además de construir acueductos. Así mismo; el agua de los únicos ríos, el Cefiso y el Ilisos, fue empleada para el riego.

Solón, fue un reformador político considerado uno de los Siete Sabios de Grecia, que vivió entre 638 y 558 a.C. Gobernó en una época de graves conflictos sociales producto de una extrema concentración de la riqueza y poder político. En la legislación de Solón, hay gran número de leyes que tratan de beneficiar y mejorar la explotación y gestión agrícola, así debido a la carencia de ríos perennes, de algunos lagos y de fuentes estableció la necesidad de usar los pozos artificiales, hizo ley para que; “*habiendo pozo común dentro de un hípico, usasen de él*”, estableciendo así el primer código de aprovechamiento.

El hípico era el espacio de cuatro estadios; más si se estuviese a mayor distancia, pudiese cada uno buscar agua para sí, y si cavando en terreno propio, hasta día una vasija de seis congios, o diez y media azumbres la profundidad de diez brazas no la encontrase, entonces pudiera tomarla de la del vecino, llenando dos veces cada día una vasija de seis congios, o diez y media azumbres; porque creyó que era más razón auxiliar a indigencia que favorecer la desidia (Saéñz, 2013).

Por su parte, el gran filósofo Platón, narra en su Teeteto, que Tales de Mileto, considerado como el primer científico, caminaba tranquilamente observando con ojo avizor la grandeza de los astros cuando cayó a un pozo. Semejante escena la contempló una esclava tracia, que entre sus faenas se tomó la molestia de lanzar algunas carcajadas y burlarse del sabio que quería conocer las cosas del cielo sin llegar a conocer las que estaban junto a sus pies. Esta anécdota tan conocida, es interpretada por algunos como la contemplación por temas elevados lleva a desatender las cuestiones prácticas. Es decir la imagen del sabio despistado.

Tales de Mileto, no solo es célebre por haber caído en el pozo, sino fue él quien consideró que el agua era el elemento primario de todas las cosas que existen, lo que dio comienzo al universo, una idea que los griegos llamaban arjé (del griego ἀρχή, fuente, principio u origen). Creando así, quizá, la primera teoría occidental sobre el mundo físico.



**El agua como fuente de vida, Río Celeste.
Foto: Mario Arias, 2014.**

Aristóteles, otro de los grandes filósofos griegos, en sus escritos de Metafísica, describe la teoría de Tales de Mileto sobre el agua como principio de la Naturaleza:

“La mayoría de los primeros filósofos consideró que los principios de todas las cosas eran sólo los que tienen aspecto material [...] En cuanto al número y a la forma de tal principio, no todos dicen lo mismo, si no que Tales, el iniciador de este tipo de filosofía, afirma que es el agua, por lo que también declaró que la tierra está sobre el agua. Concibió tal vez esta suposición por ver que el alimento de todas las cosas es húmedo y porque de lo húmedo nace del propio calor y por él vive. Y es que aquello de lo que nacen es el principio de todas las cosas. Por eso concibió tal suposición, además de porque las semillas de todas las cosas tienen naturaleza húmeda y el agua es el principio de la naturaleza para las cosas húmedas”.

Dentro del pensamiento de Aristóteles, se puede encontrar el desarrollo inicial del ciclo hidrológico y procesos de recarga del agua subterránea, pues consideraba que el agua de las fuentes (pozos y manantiales) tiene tres posibles orígenes. Así es posible la ascensión del fluido por fisuras y cavernas, debido a que este sistema funciona como una esponja. También consideró que el vapor de agua puede ascender desde el interior de la Tierra condensándose. Y, por último; señaló que parte del agua que circula por las cavernas procede de la infiltración del agua de lluvia.

Por otra parte; en la poesía helénica representada por Homero, en sus obras; la *Ilíada* y en la *Odisea*, es recurrente el tema de las fuentes de agua cristalina que brotan de las rocas, las cuales son descritas e incluso se detallan sus nombres, en muchos casos son protagonistas de diversas escenas fantásticas, las cuales se reproducen en la siguiente tabla.

Pasaje	Capítulo y verso
ILIADA	
En sacros altares inmolábamos hecatombes perfectas a los inmortales, junto a una fuente y a la sombra de un hermoso plátano a cuyo pie manaba agua cristalina. Allí se nos ofreció un gran portentoso. Un horrible dragón de roja espalda, que el mismo Olímpico sacara a la luz, saltó de debajo del altar al plátano.	2:284
Los que poseían la ciudad de Ormenio, la fuente Hiperea, Asterio y las blancas cimas del Títano, eran mandados por Eurípilo, hijo preclaro de Evemón. Cuarenta negras naves lo seguían.	2:734
Pero la futura desgracia de los troyanos, de la misma Hécuba, del rey Príamo y de muchos de mis valientes hermanos que caerán en el polvo a manos de los enemigos, no me importa tanto como la que padecerá tú cuando alguno de los aqueos, de bronceíneas corazas, se te lleve llorosa, privándote de libertad, y luego tejas tela de Argos, a las órdenes de otra mujer, o vayas por agua a la fuente Meseide o Hiperea, muy contrariada porque la dura necesidad pesará sobre ti...	6:441:
Esto dicho, unció los corceles de pies de bronce y áureas crines, que volaban ligeros; vistió la dorada túnica, tomó el látigo de oro y fina labor y subió al carro. Picó a los caballos para que arrancaran; y éstos, gozosos, emprendieron el vuelo entre la tierra y el estrellado cielo. Pronto llegó al Ida, abundante en fuentes y criador de fieras, al Gárgaro, donde tenía un bosque sagrado y un perfumado altar; allí el padre de los hombres y de los dioses detuvo los corceles, los desenganchó del carro y los cubrió de espesa niebla...	8:41
Zeus ordenó a Temis que, partiendo de las cumbres del Olimpo, en valles abundante, convocase al ágora a los dioses, y ella fue de un lado para otro y a todos les mandó que acudieran al palacio de Zeus. No faltó ninguno de los ríos, a excepción del Océano; y de cuantas ninfas habitan los bellos bosques, las fuentes de los nos y los herbosos prados, ninguna dejó de presentarse...	20:4
A éste no le igualan ni el fuerte Aqueloo, ni el grande y poderoso Océano de profunda corriente del que nacen todos los ríos, todo el mar y todas las fuentes y grandes pozos; pues también el Océano teme el rayo del gran Zeus y el espantoso trueno, cuando retumba desde el cielo.	21:194-199
¡Hermano querido! Juntémonos para contener la fuerza de ese hombre, que pronto tomará la gran ciudad del rey Príamo, pues los troyanos no le resistirán en la batalla. Ven al momento en mi auxilio: aumenta tu caudal con el agua de las fuentes, concita a todos los arroyos, levanta grandes olas y arrastra con estrépito troncos y piedras, para que anonademos a ese feroz guerrero que ahora triunfa y piensa en hazañas propias de los dioses...	21:308

... Corrían (Héctor y Aquiles) siempre por la carretera, fuera del muro, dejando a sus espaldas la atalaya y el lugar ventoso donde estaba el cabrahígo; y llegaron a los dos cristalinos manantiales, que son las fuentes del Escamandro voraginoso. El primero tiene el agua caliente y lo cubre el humo como si hubiera allí un fuego abrasador; el agua que del segundo brota es en el verano como el granizo, la fría nieve o el hielo.	22:131
¡Esperqueo! En vano mi padre Peleo te hizo el voto de que yo, al volver a la tierra patria, me cortarí la cabellera en tu honor y te inmolaría una sacra hecatombe de cincuenta carneros cerca de tus fuentes, donde están el bosque y el perfumado altar a ti consagrados. Tal voto hizo el anciano, pero tú no has cumplido su deseo. Y ahora, como no he de volver a la tierra patria, daré mi cabellera al héroe Patrocio para que se la lleve consigo.	23:144
ODISEA	
Allí mismo, junto a la honda cueva, extendíase una viña floreciente, cargada de uvas; y cuatro fuentes manaban muy cerca la una de la otra, dejando correr en varias direcciones sus aguas cristalinas. Veíanse en contorno verdes y amenos prados de violetas y apio; y, al llegar allí, hasta un inmortal se hubiese admirado, sintiendo que se le alegraba el corazón.	5: 68
...Desde aquí se oyó la femenil gritería de jóvenes ninfas que residen en las altas cumbres de las montañas, en las fuentes de los ríos y en los prados cubiertos de hierbas. ¿Me hallo, por ventura, cerca de hombres de voz articulada? Ea, yo mismo probaré a salir e intentaré verlo.	6:119
... Hallarás junto al camino un hermoso bosque de álamos, consagrado a Atenea, en el cual mana una fuente y a su alrededor se extiende un prado: allí tiene mi padre un campo y una viña floreciente, tan cerca de la ciudad que puede oírse el grito que en ésta se dé.	6:289
... Allí en el fondo del huerto, crecían liños de legumbres de toda clase, siempre lozanas. Hay en él dos fuentes: una corre por todo el huerto; la otra va hacia la excelsa morada y sale debajo del umbral, adonde acuden por agua los ciudadanos. Tales eran los espléndidos presentes de los dioses en el palacio de Alcínoo.	7:108
En lo alto del puerto mana una fuente de agua límpida, debajo de una cueva a cuyo alrededor han crecido álamos. Allá pues, nos llevaron las naves, y algún dios debió de guiarnos en aquella noche oscura en la que nada distinguíamos, pues la niebla era cerrada alrededor de los bajeles y la luna no brillaba en el cielo, que cubrían los nubarrones...	9:140

<p>...Fuéronse y siguiendo un camino llano por donde las carretas arrastraban la leña de los altos montes a la ciudad, poco antes de llegar a la población encontraron una doncella, la eximia hija del lestrigón Antífates, que bajaba a la fuente Artacia, de hermosa corriente, pues allá iban a proveerse de agua los ciudadanos. Detuviéronse y hablaron a la joven, preguntándole quién era el rey y sobre quiénes reinaba; y ella les mostró en seguida la elevada casa de su padre.</p>	10:87
<p>...Aderezaban el palacio cuatro siervas, que son las criadas de Circe y han nacido de las fuentes, de los bosques, o de los sagrados ríos que corren hacia el mar...</p>	10:348
<p>Así les hablé; y en seguida juraron, como se lo mandaba. Apenas hubieron acabado de prestar el juramento, detuvimos la bien construida nave en el hondo puerto; cabe a una fuente de agua dulce; y los compañeros desembarcaron, y luego aparejaron muy hábilmente la comida. Ya satisfecho el deseo de comer y de beber, lloraron, acordándose de los amigos a quienes devoró...</p>	12:303
<p>... Lo hallarás sentado entre los puercos, los cuales pacen junto a la roca del Cuervo, en la fuente de Aretusa, comiendo abundantes bellotas y bebiendo aguas turbias, cosas ambas que hacen crecer en ellos la floreciente grosura...</p>	13:393
<p>Mas cuando, recorriendo el áspero camino, halláronse a poca distancia de la ciudad y llegaron a la labrada fuente de claras linfas de la cual tomaban el agua los ciudadanos, era obra de Itaco, Nérito y Políctor; rodeábala por todos lados un bosque de álamos, que se nutren en la humedad; vertía el agua, sumamente fresca, desde lo alto de una roca; y en su parte superior se había construido un altar a las ninfas, donde todos los caminantes sacrificaban...</p>	17:204
<p>Ea, algunas de vosotras barran el palacio diligentemente, riéguelo y pongan tapetes purpúreos en las labradas sillas; pasen otras la esponja por las mesas y limpien las crateras y las copas de doble asa, artísticamente fabricadas; y vayan las demás por agua a la fuente y tráiganla presto. Pues los pretendientes no han de tardar en venir al palacio; antes acudirán muy de mañana, que hoy es día de fiesta para todos. Así les habló; y ellas en seguida la escucharon y obedecieron. Veinte esclavas se encaminaron a la fuente de aguas profundas y las otras se pusieron a trabajar hábilmente allí mismo, dentro de la casa.</p>	20:149-157

ROMA

El Imperio Romano, como ningún otro, supo aprovechar el agua, reflejando su desarrollo cultural a partir de las técnicas hidráulicas para captar, almacenar y transportar el agua, en función de las características climáticas y topográficas de sus territorios. Por ejemplo; en las regiones de clima mediterráneo, las precipitaciones solían ser abundantes; así la existencia de cisternas que recogían el agua de lluvia era la mejor opción para que una ciudad pudiera abastecerse de agua acumulada. En cambio; en las regiones septentrionales europeas, se prefirió el pozo excavado de forma rudimentaria y construido con piedras, sin embargo; en las regiones más húmedas de Germania y Britania, se utilizaba madera para su recubrimiento, teniendo así; los pozos formas cuadradas.

Marco Vitruvio Polión (Marcus Vitruvius Pollio) fue un arquitecto romano que vivió entre los años 80 y 15 antes de nuestra era. Él decía que el agua era indispensable para la vida, para satisfacer necesidades placenteras, y para el uso de cada día. Entre otras cosas, es célebre por su método de búsqueda de agua subterránea para la instalación de pozos.

“Un poco antes del amanecer se tumbará uno boca abajo exactamente en el sitio donde se requiere encontrar agua y, apoyando con fuerza el mentón sobre el suelo, se observará atentamente todo el contorno alrededor; manteniendo el mentón apoyado e inmóvil, la vista no se elevará más de lo que es preciso, sino que; con toda exactitud, irá demarcando una altura totalmente horizontal; entonces, en las zonas donde aparezcan vapores que ondean y se elevan hacia el aire, allí mismo se debe cavar, pues tales fenómenos de ninguna manera se producen en lugares sin agua”.



**La búsqueda del Agua Subterránea según Vitruvio.
Dibujo: Eva Arias, 2019. Composición fotográfica: Mario Arias, 2019.**

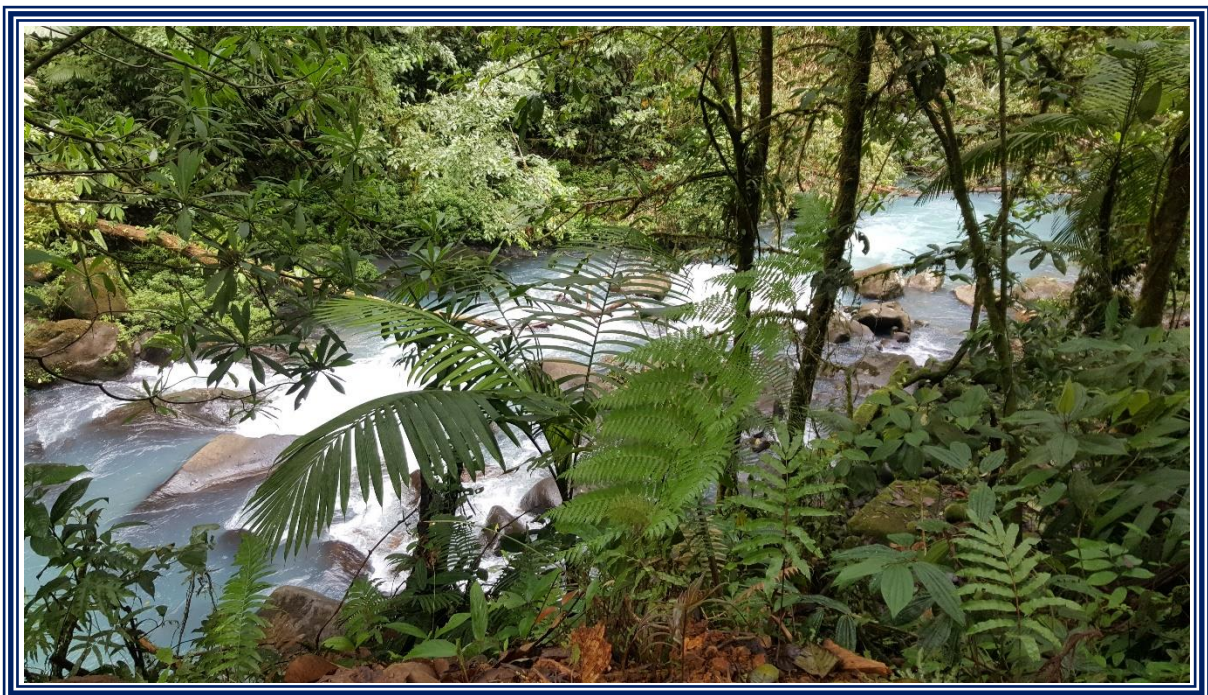
Además de ello, él indicaba que se debe observar los tipos de terreno, pues en los arcillosos el agua es escasa y de mal sabor, pero en los terrenos de grava, aun poseyendo poca agua, ésta tiene mayor calidad y que la de mayor pureza se encuentra siempre en las faldas de los montes, entre rocas de sílice.

Se debe observar también la vegetación y realizar pruebas antes de iniciar la excavación del pozo. Por ejemplo; excavando una pequeña oquedad en el suelo, poniendo una vasija boca abajo durante el día y cubriéndola de tierra. Si existe agua, al día siguiente habrá gotas en el interior de la vasija.

La ingeniería romana hidráulica se adaptó en la disponibilidad de agua, desarrollando toda una serie de técnicas de captación. Una de ellas fueron los pozos: que se caracterizaron

por un uso individual y particular, y no como fuente de captación de agua para las conducciones de abastecimiento a poblaciones, ya que la elevación del agua era costosa, y la maquinaria de elevación manejada necesitaba de un continuo mantenimiento y explotación. Ocasionalmente, el pozo se conectaba a una tubería que dirigía en agua drenada del pozo a un depósito, o directamente a la conducción y eventualmente al acueducto. La calidad del agua de pozo tenía buena fama, así lo aseguraba el naturalista Plinio el Viejo (79-23 a.C.), quien indicó que de los pozos de los que no se extraía agua constantemente no se consideraban saludables. Las galerías de infiltración pueden considerarse como un tipo especial de pozo. Consiste en la construcción de un túnel largo, realizado bajo una montaña, con el fin de captar el nivel de agua subterránea. Al túnel se le daba una pequeña inclinación, para conducir el agua drenada hacia la salida del túnel, conectado a un depósito y arenero (Peña, 2010).

El aprovechamiento de las fuentes naturales denominadas aqua saliens o profluens, de donde brota agua de las rocas en forma constante, muchas veces incluyó realizar o profundizar canalizaciones en las rocas, que permitieran aumentar el caudal de salida del agua. Muchos de estos lugares recibieron el nombre de ninfeos, pues se consideraban que en ellos habitan las Ninfas y en ocasiones también las Musas, Narciso y otras divinidades relacionadas con el agua, teniendo una función ritual al mismo tiempo.



Representación de un Ninfeo: Manantial Chan Varela al margen del Río Celeste, en la falda este del Volcán Tenorio en Guatuso.

Foto: Mario Arias, 2018.

Muchas de estas fuentes naturales se encontraban en zonas montañosas o al pie de éstas y se requería poder trasladarla hasta las ciudades, es así como los Romanos desarrollan los Acueductos para hacer frente a las necesidades diarias urbanas y de riego. Estos acueductos trasladaron agua tanto desde las fuentes naturales como de los nacimientos de los ríos, hasta el lugar de almacenamiento (caput aquae).



Acueducto de Mérida, Extremadura, España
Foto: Mario Arias, 2016

El acueducto de Mérida, conocido como el de Los Milagros, tenía como función principal suministrar agua al lado Oeste de la ciudad. El punto de captación de agua o caput aquae se situaba en el embalse de Proserpina, desde donde nacía una conducción que serpenteaba a lo largo de casi 12 km. Es en su mayor parte una galería subterránea excavada en roca viva, salvo en los pasos sobre algunos arroyos que se cruzan con pequeñas arquerías en alzado. En la parte final de la conducción es donde se sitúa la arquería más famosa, cuando se atraviesa el río Albarregas, para lo cual se tuvo que construir una serie de pilares que constituyen la parte más vistosa. El acueducto finalizaba al entrar en la ciudad por el punto más alto del cerro del Calvario, donde apareció intramuros un ninfeo como final monumental.

TRADICIÓN ISLÁMICA

El agua en el Islam, al igual que en otras religiones, tiene un carácter sagrado. Esta circunstancia, unida a su escasa presencia y difícil obtención en algunos territorios, propició que los pozos fueran muy valorados en la cultura islámica, tal es el caso que se presenta a continuación.

EL POZO DE ZAMZAM (POZO DE ISMAEL)

El pozo de Zamzam es un pozo considerado sagrado, está ubicado en La Meca. La tradición cuenta que; este pozo fue abierto por el ángel Gabriel para salvar a Agar y a su hijo Ismael de morir de sed en el desierto, por lo que se le conoce también con el nombre de pozo de Ismael.

Todos los musulmanes que realizan la Gran Peregrinación beben de sus aguas, consideradas medicinales, la recogen en algún recipiente para llevarla a sus lugares de origen, y procuran sumergir en sus aguas el sudario con el que serán amortajados cuando mueran.

El beber esta agua requiere de un protocolo que consta en estar sentado y orientado hacia la Kaaba, inhalar aire tres veces, beber agua hasta calmar la sed y, finalmente, alabar a Alá luego de haberla bebido.

El pozo fue excavado a mano, tiene 30,5 metros de profundidad, un diámetro de 1,08 a 2,66 m, capta agua subterránea del aluvión Wadi y parte de la roca de fondo. Originalmente, el agua del pozo se extraía a través de cuerdas y cubos, pero hoy en día, el pozo se encuentra en un sótano donde se puede ver detrás de paneles de vidrio y está cubierto por una cúpula. El agua de Zamzam es incolora e inodora, pero tiene un sabor distintivo, con un pH de 7,5 a 7,7.

Hidrogeológicamente, el pozo está en el Wadi Ibrahim (Valle de Abraham). La mitad superior del pozo se encuentra en el aluvión arenoso del valle, revestido con mampostería de piedra, excepto el metro superior que tiene un brocal de concreto. La mitad inferior está en la roca de fondo. Entre el aluvión y el lecho de roca hay una sección de 0,5 metros de roca permeable, cubierta de piedra, y es esta sección la que proporciona la entrada principal de agua al pozo.

El Centro de Estudios e Investigaciones Zamzam (ZSRC) fue creado por Servicio Geológico Saudí (www.sgs.org.sa) para garantizar el suministro, en términos de calidad y cantidad. Como resultado, el ZSRC ha establecido una serie de proyectos de investigación para definir, cuantificar y monitorear la fuente de agua, y proporcionar la información necesaria para gestionar y mantener los suministros ante la creciente demanda de los residentes y peregrinos. Las investigaciones se enfocan en los siguientes aspectos de la gestión del acuífero, del pozo y el sistema de suministro y distribución de Zamzam:

- Seguimiento y gestión de la demanda para evitar el agotamiento.
- Control de la urbanización de la cuenca de Wadi Ibrahim y su efecto en la recarga.
- Gestión del drenaje pluvial en relación con la recarga.
- Monitoreo del movimiento y la calidad del agua subterránea.
- Actualización del sistema de bombeo y almacenamiento Zamzam.
- Control de calidad y garantía de operación y mantenimiento de plantas de filtrado y almacenamiento.

A través de estas acciones, la calidad y la cantidad del agua suministrada por el pozo de Zamzam, puede continuar satisfaciendo las necesidades espirituales de mil millones de musulmanes del mundo.

MOISÉS, EL POZO DE AGUA Y CÓMO SACÓ AGUA A LAS ROCAS CON SU BÁCULO

En el Islam, Moisés es muy respetado, él es tanto profeta como mensajero. Es la historia más larga y detallada de un profeta en el Corán y se analiza con gran detalle.

El sura 28: 22-24, narra la historia donde Moisés, está en el pozo y conoce a la mujer que será su esposa:

Y cuando se encontraba camino a Madián dijo: ¡Señor mío! Guíame por el camino correcto. Cuando llegó al pozo de agua de Madián, encontró pastores dando de beber a sus rebaños, y vio que apartadas de ellos había dos mujeres que sujetaban a sus rebaños, entonces les preguntó: ¿Qué os sucede? Respondieron ellas: No podemos dar de beber a nuestro rebaño hasta que los pastores no terminen con los suyos, y nuestro padre es ya un anciano y no puede venir. Luego, cuando los pastores se hubieron retirado, levantó la pesada roca que cubría el pozo y le dio de beber al rebaño por ellas, y finalmente se retiró exhausto a la sombra y exclamó: ¡Señor mío!, realmente necesito cualquier gracia que me concedas.”

En el surá 2 y versículo 60, se detalla el pasaje de cuando Dios saca agua de la roca, de la siguiente manera:

Y [recordad] cuando Moisés pidió agua para su pueblo y le dijimos: “¡Golpea con tu bastón la roca!” Y brotaron de ella doce fuentes. Cada tribu supo con certeza de cuál beber. “¡Comed y bebed de la provisión de Dios y no causéis daño en la Tierra, corrompiendo!”.

Este pasaje es reiterado en el sura 7, versículo 160, que reza:

...Y cuando su pueblo le pidió agua, revelamos a Moisés: “Golpea con tu bastón la roca”.
Y brotaron de ella doce fuentes. Cada uno supo de cuál debía beber...



**El agua saliendo de las rocas de Los Chiles.
Foto: Mario Arias, 2011**

EL AGUA COMO BIEN SAGRADO

Para los musulmanes, el agua es un bien sagrado, el principio más importante del universo, tal y como recoge el Corán, donde se afirma que “de agua hicimos a todo ser viviente”. El agua es considerada un don divino, símbolo de pureza y sabiduría, que se usa para premiar una vida plena basada en los pilares de la sociedad islámica. De hecho, en el Paraíso hay un gran jardín con abundante agua donde el buen musulmán se encontrará con cuatro ríos de los que manan diferentes líquidos muy apreciados por la cultura árabe: leche, miel, vino y agua. Igualmente, sirve para castigar al pecador, obligado a beber agua hirviendo por sus malas acciones



**El agua y la roca en río Uvita en Bahía Ballena
Foto: Mario Arias, 2015.**

En el siguiente cuadro, se citan reiteradamente pasajes en los que el agua que brota de las rocas es la gran promesa expuesta en el Corán, es la salvación y por ende vivir en el paraíso, del cual brotan las aguas de los ríos desde la profundidad de las rocas.

Revelación	Sura y versículo
Y [recordad] cuando Moisés pidió agua para su pueblo y le dijimos: “¡Golpea con tu bastón la roca!» Y brotaron de ella doce fuentes. Cada tribu supo con certeza de cuál beber corrompiendo!”.	2:60
Tras ello, vuestros corazones se endurecieron como piedras o más aún, pues, en verdad, de algunas piedras brotan ríos y otras se agrietan y sale de ellas agua y algunas de ellas se desmoronan por temor de Dios. Dios no está desatento a lo que hacéis.	2:74
“¿Puedo informaros de algo mejor para vosotros que todo eso? Para aquellos que temen desagradar a Dios hay junto a su Señor Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estarán eternamente, parejas purificadas y satisfacción de Dios”. Y Dios observa a Sus siervos.	3:15
Estas son las disposiciones establecidas por Dios y, a quien obedezca a Dios y a Su profeta, Él le hará entrar en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que morará eternamente. ¡Ese es el éxito inmenso!	4:13
Pero, para aquellos que temieron disgustar a su Señor hay Jardines de cuyas profundidades brotan ríos, en los que estarán eternamente hospedados junto a Dios. ¡Y lo que hay junto a Dios es mejor para los buenos!	4:198
Y, a aquellos que creen y obran rectamente, pronto les haremos entrar en un Jardín de cuyas profundidades brotan los ríos, en el que estarán eternamente. En ellos tendrán parejas purificadas y les colocaremos bajo densas sombras.	4:57
Hay para ellos Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estarán eternamente, para siempre. Dios estará satisfecho de ellos y ellos estarán satisfechos de Él. Ese es el triunfo inmenso.	4:119
Y, a aquellos que creen y obran rectamente, les haremos entrar en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estarán eternamente; hasta el final de los tiempos. La promesa de Dios es verdadera y ¿Quién es más veraz al hablar que Dios?	4:122
Y Dios dijo: “¡Estoy con vosotros! Si realizáis la oración, entregáis la limosna ritual, creéis en Mis Mensajeros, les dais vuestro apoyo y hacéis a Dios un préstamo generoso. Yo cubriré vuestras faltas y os introduciré en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos. Y, quien de vosotros, después de esto, descrea, ciertamente, se habrá extraviado del camino recto”.	5:12
Por lo que dijeron, Dios les recompensará con Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estarán eternamente. Esa es la recompensa de quienes hacen el bien.	5:85

Dice Dios: "Hoy es el día en el que los sinceros se beneficiarán de su sinceridad. Hay para ellos Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estarán eternamente, para siempre. Dios estará satisfecho de ellos y ellos estarán satisfechos de Él. Ese es el triunfo inmenso".	5:119
Y cuando su pueblo le pidió agua, revelamos a Moisés: "Golpea con tu bastón la roca". Y brotaron de ella doce fuentes. Cada uno supo de cuál debía beber.	7:160
Dios ha prometido a los creyentes y a las creyentes Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estarán eternamente y moradas agradables en los Jardines del Edén.	9:72
Y Él les ha preparado Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estarán eternamente. ¡Ése es el triunfo grandioso!	9:100
"¡Matad a José o abandonadlo en una tierra alejada para que, así, vuestro padre sólo os preste atención a vosotros! Y, después de eso, sed gente recta". Uno de ellos dijo: "¡No matéis a José! Dejadlo en el fondo del aljibe para que lo encuentre algún viajero, si es que hacéis algo".	12: 9-10
Y, cuando se lo llevaron (a José) con ellos y se pusieron de acuerdo en ponerle en el fondo del aljibe (pozo), Nosotros le revelamos: "Ciertamente, tú les informarás de este asunto y ellos no se darán cuenta".	12:15
El Jardín que les ha sido prometido a los temerosos de Dios es así: De sus profundidades brotan los ríos, siempre tiene frutos y sombra. Ese será el destino final de los temerosos, pero el destino final de los que no creen es el Fuego	13:35
Y quienes creyeron y obraron rectamente serán introducidos en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estarán eternamente con permiso de su Señor. En ellos se saludaran entre sí diciendo: "¡Paz!"	14:23
Entrarán en los Jardines del Edén, de cuyas profundidades brotan los ríos. Allí hay para ellos todo lo que deseen. Así es como Dios recompensa a quienes son temerosos	16:31
Y dicen (a Moises): "No te creeremos hasta que hagas brotar de la tierra, para nosotros, una fuente que nunca se seque, o tengas un jardín con palmeras y viñas y hagas que broten en medio de él manantiales abundantes".	17:90-91
Para ellos son los Jardines del Edén de cuyas profundidades brotan los ríos. En él serán adornados con brazaletes de oro y vestirán con ropas verdes de seda y brocado y se recostarán en lechos. ¡Qué buena recompensa y qué buen lugar de reposo!	18:31
Los Jardines del Edén, de cuyas profundidades brotan los ríos y en los que estarán eternamente. Y esa será la recompensa de quien se haya purificado.	20:76

<p>“Y cuando se encontraba camino a Madián dijo Moises: ¡Señor mío! Guíame por el camino correcto. Cuando llegó al pozo de agua de Madián, encontró pastores dando de beber a sus rebaños, y vio que apartadas de ellos había dos mujeres que sujetaban a sus rebaños, entonces les preguntó: ¿Qué os sucede? Respondieron: No podemos dar de beber a nuestro rebaño hasta que los pastores no terminen con los suyos, y nuestro padre es ya un anciano y no puede venir. Luego, cuando los pastores se hubieron retirado, levantó la pesada roca que cubría el pozo y le dio de beber al rebaño por ellas, y finalmente se retiró exhausto a la sombra y exclamó: ¡Señor mío! Realmente necesito cualquier gracia que me concedas.”</p>	20:22-24
<p>En verdad, Dios introduce a quienes son creyentes y obran rectamente en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos. En verdad, Dios hace lo que quiere.</p>	22:14
<p>En verdad, Dios hará entrar a quienes creen y realizan buenas acciones en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos. Serán adornados con brazaletes de oro y perlas y sus vestidos serán allí de seda.</p>	22:23
<p>¡Cuántas ciudades hemos destruido por haber sido opresoras y quedaron totalmente en ruinas! ¡Cuántos pozos abandonados! ¡Cuántos palacios derrumbados!</p>	22: 45
<p>Hacemos descender de cielo agua en una determinada cantidad y la almacenamos en la Tierra. Y, en verdad, podríamos hacerla desaparecer.</p>	23:18
<p>E hicimos del hijo de María y de su madre una señal y les alojamos en una colina fértil y segura provista de manantiales.</p>	23:50
<p>¿Acaso no has visto cómo Dios hace descender agua del cielo y la conduce bajo tierra y crea fuentes y luego hace surgir con ella cosechas de variados colores, que después se marchitan y ves cómo se tornan amarillas y las hace quebradizas? En verdad, en ello hay un motivo de reflexión para los dotados de entendimiento.</p>	39:21
<p>En verdad, Dios hará entrar a quienes creen y realizan buenas obras en Jardines de cuyas profundidades brotan ríos y quienes no creen disfrutan y comen como come el ganado y el lugar para ellos será el Fuego.</p>	47:12
<p>Y para que Él haga entrar a los creyentes y a las creyentes en Jardines de cuyas profundidades surgen los ríos, en los que estarán eternamente, y para perdonar sus pecados. Y esto es ante Dios una victoria inmensa.</p>	48:5
<p>No tienen obligación de salir a combatir los ciegos ni los cojos ni los enfermos. Y a quienes obedezcan a Dios y a Su Mensajero, Él les hará entrar en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, y a quienes den la espalda Él les castigará con un castigo doloroso.</p>	48:17

Así que, abrimos las puertas del cielo con un agua torrencial e hicimos que brotasen de la Tierra fuentes y se juntaron las aguas en la medida decretada y le subimos sobre una armazón de tablas y clavos que navegó bajo Nuestra mirada atenta, como un castigo para quienes no creían.	54: 11-14
El día en que veas la luz de los creyentes y las creyentes manifestándose delante de ellos y a su derecha: "Vuestra buena noticia hoy son Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos". En ellos estarán eternamente. ¡Ese es el triunfo inmenso!	57:12
No encontrarás a un pueblo que crea en Dios y en el Último día que simpatice con quienes se oponen a Dios y a Su Mensajero, aunque sean sus padres o sus hijos o sus hermanos o la gente de su tribu. Ellos son a quienes ÉL ha escrito la fe en sus corazones y les ha fortalecido con un espíritu procedente de ÉL y les hará entrar en Jardines bajo los cuales brotan los ríos, en los que vivirán eternamente. Dios está satisfecho de ellos y ellos están satisfechos de ÉL. Ellos son el partido de Dios. ¿No es, en verdad el partido de Dios quienes son los triunfadores?	59:22
Os perdonará vuestros pecados y os introducirá en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos y en buenas mansiones en los Jardines del Edén. ¡Ese es el triunfo inmenso!	61:12
Y a quien crea en Dios y obre rectamente le ocultaremos sus errores y le haremos entrar en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los cuales estarán eternamente. Ese es el éxito inmenso	64:9
Y a quien cree en Dios y obra rectamente ÉL le hará entrar en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estará eternamente. Ciertamente, Dios ha dispuesto para él la mejor provisión.	65:11
¡Oh, creyentes! Volveos a Dios con un arrepentimiento sincero. Puede que vuestro Señor oculte vuestros malos actos y os haga entrar en Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos, el día en que Dios no humillará al Profeta y a los que con él tienen fe. La luz de ellos se moverá ante ellos y a su derecha y ellos dirán: "¡Señor nuestro! ¡Completa nuestra luz y perdónanos! En verdad, Tú tienes poder sobre toda cosa".	66:8
¿Acaso no hemos colocado la Tierra como lugar de encuentro para los vivos y los muertos? ¿Y no hemos puesto en ella altas y firmes cordilleras y escanciado para vosotros agua dulce y deliciosa?	77:25-27
Él elevó su altura y lo ordenó armoniosamente. Oscureció su noche y alumbró su día y, después de ello, expandió la Tierra, sacando de ella el agua y los pastos y fijó firmemente las montañas para vuestro disfrute y el de vuestro ganado.	79:28-33
En verdad, quienes creen y actúan rectamente tendrán Jardines de cuyas profundidades brotan los ríos. Ese es el gran triunfo	85:11
Su recompensa junto a su Señor serán los Jardines del Edén, de cuyas profundidades brotan los ríos, en los que estarán eternamente, para siempre. Dios estará satisfecho de ellos y ellos lo estarán de ÉL. Eso será para quien tema a su Señor.	98:8

INDIA

Chand Baori se sitúa en el pueblo de Abhaneri, en Rajasthan, India. Este pozo, fue construido alrededor del año 800 de nuestra era, fue diseñado para hacer accesible el agua a los pobladores. Es uno de los pozos más profundos y grandes del mundo, con 3500 escalones en pasillos estrechos, repartidos en 13 pisos y con más de 30 metros de profundidad.



Chan Baori

Foto: Chetan, 2012. Archaeological Survey of India. Dominio Público.

En Chand Baori, los pasos estrechos están dispuestos en una simetría perfecta y descienden hasta el fondo del pozo donde aflora el nivel de agua subterránea.

La construcción está dedicada a Harshat Mata, la diosa de la alegría y la felicidad.

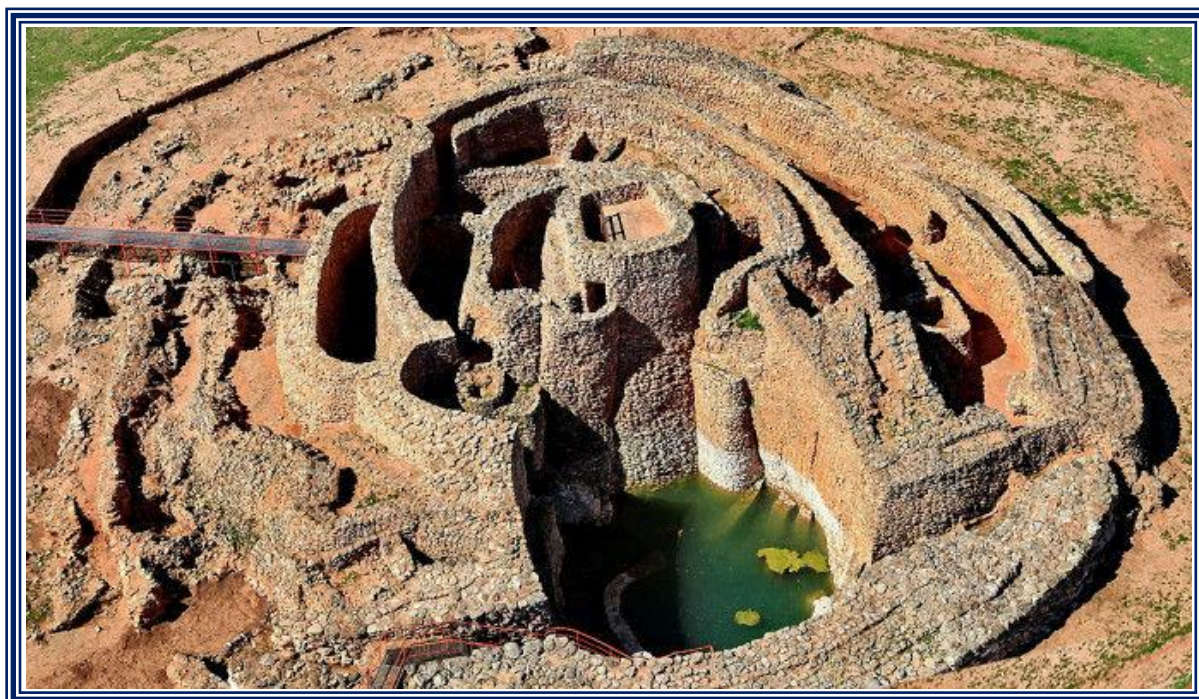
El agua también juega un papel especial en la mitología hindú, como un límite entre el cielo y la tierra conocido como Tirtha. Este límite Tirtha, se convierte no solo en fuentes de agua potable, sino en santuarios frescos para el baño, la oración y la meditación.

HISPANIA

EL POZO MÁS ANTIGUO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Las Montillas, son colinas, con una media de unos 5 m de altura por unos 50 m de diámetro, que datan de la Edad de Bronce en el sector de La Mancha y se localizan en aquellas áreas donde el nivel freático se sitúa más próximo a la superficie. Deben su forma a una fortificación de planta central, con una torre y varias líneas amuralladas circulares concéntricas construidas con mampostería, cuyo derrumbe y erosión dieron lugar a la formación del montículo (Álamo, 2018).

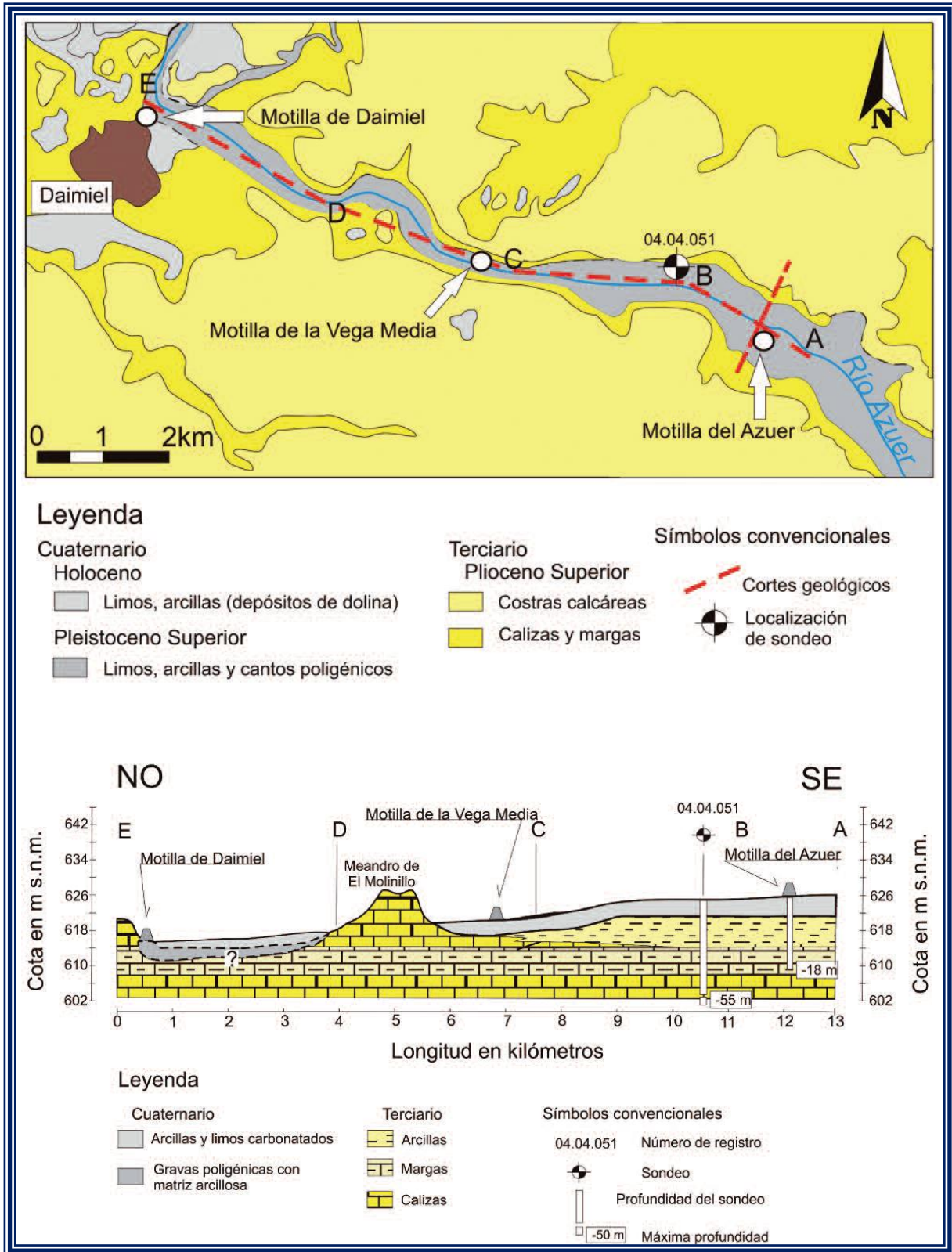
El pozo interior de la Motilla del Azuer, con más de 4000 años de antigüedad es considerado el pozo más antiguo de la Península Ibérica.



**Detalle del gran pozo fortificado de la Montilla de Azuer, Ciudad Real, Castilla – La Mancha
Foto: Museo Comarcal de Dainiel, 2014.**

Esta Montilla, se localiza en la unidad hidrogeológica Mancha Occidental I, en la que existe un solo acuífero regional constituido por calizas y calizas margosas de edad Plioceno Superior. Se sitúan en los cauces de los ríos Guadiana y Azuer, sobre los materiales detríticos depositados en las llanuras aluviales de los ríos. El material geológico más superficial está constituido por formaciones detríticas de edad Cuaternario, con escaso interés como acuífero, especialmente en situaciones de estrés hídrico. En todos los casos,

por debajo de estos depósitos se encuentran las margas y calizas del Plioceno, que constituye el acuífero de interés regional (Benitez & Mejías, 2014).



Contexto hidrogeológico de la Montilla de Azuer: mapa y perfil.
Fuente: Benitez & Mejías, 2014.

Al menos en el caso de la Motilla de Azuer se ha constatado que el pozo excavado en su interior tiene la profundidad suficiente para alcanzar las rocas calizas de edad pliocénica (2, 5 a 5,3 millones de años), atravesando 5-6 m de material aluvial de la llanura de inundación, un paquete de arcillas de baja permeabilidad de al menos 10 m, y otros 5 m en las margas que se superponen a las calizas. El acceso al interior del pozo se estructura mediante la construcción de grandes rampas que descienden adosadas a los paramentos internos del mismo.

AL ANDALUS, S. XI

Málaga en Andalucía, fue de las primeras ciudades que fueron conquistadas por los islámicos y de las últimas en ser tomada por los cristianos, por lo cual existe aún una gran cantidad de objetos en un estado de conservación excepcional, muchos de ellos expuestos en el Museo de la ciudad. Uno de los objetos más hermosos del Museo de Málaga es la boca de un pozo. Los musulmanes adoran el agua, se purifican con ella antes de rezar, llenas sus jardines de fuentes y canales y alaban sus pozos.



**La boca del pozo, Museo de Málaga
Foto: Mario Arias, 2018.**

Los pozos, fueron muy importantes como estructuras arquitectónicas, pues para el asentamiento de un caserío, se recomendaba que haya una fuente dentro o cerca de la casa, o que en su ausencia se haga un pozo. Si esta opción no fuera posible, entonces debían construirse aljibes que se llenarían con agua de lluvia.

MADRID

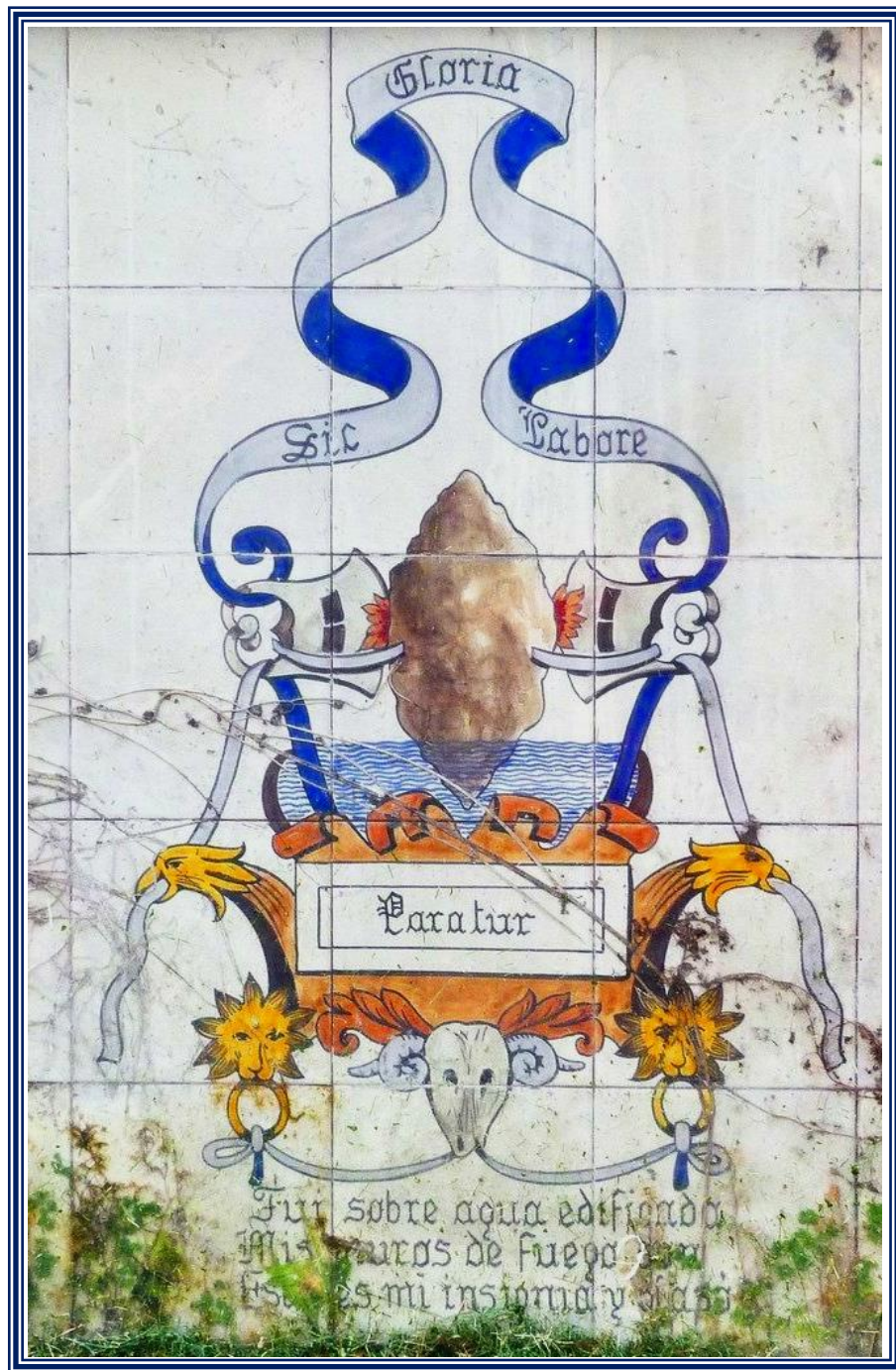
El nombre de la capital Española, se origina según algunos, de un término relacionado con la captación de agua subterránea.

Algunos estudiosos afirman que la palabra Madrid procede directamente del árabe, a partir de la palabra Mayra, que significa conducciones o canalizaciones de agua. Al añadir el sufijo iberorrománico it, que significa lugar de, se obtendría el vocablo Mayrit.

Para otros autores, la palabra proviene del vocablo romance Matrich, que significa matriz, en el sentido de matriz de aguas o manantial. Los árabes, al conquistar esta tierra, mantuvieron la denominación de matrich, adaptándola a su fonética y transformándola en mayrit.

Otra interpretación es que esta aldea visigoda que se fundó en el S. VII, en torno al arroyo de San Pedro, fue denominada Matrice en alusión al manantial y cauce principal de agua en torno al cual creció. Conforme los territorios de la península fueron ocupados por los musulmanes, este nombre fue transformado en Magrit/Mayrit. La reconquista de la villa por Alfonso VI y sucesores reyes, permite mantener el registro en documentos oficiales del nombre. Ya para 1126, en tiempos de Alfonso VII, se denomina Maydrit/Maidrit, en tiempos de Alfonso VII (1176) se describe como Madrit y la primera vez que aparece, tal y como la conocemos actualmente es en 1192 como Madrid.

El origen de Madrid, siempre ha estado relacionado con el agua subterránea, ya sea por las galerías de extracción, manantiales y sus acuíferos, tanto así que en el primer escudo de la ciudad figuraba esta leyenda: “Fui sobre aguas edificada, mis muros de fuego son, ésta es mi insignia y mi blasón”.



**Primer Escudo de Madrid, Mural de Alberto Corazón en Plaza Puerta Cerrada
Foto: Mario Arias, 2016.**

El Instituto Geológico y Minero de España, publicó en el año 1982, el Mapa Hidrogeológico de Madrid, el cual incluye las unidades de roca diferenciadas según sus características hidrogeológicas divididas en impermeables y permeables distinguidas por colores y tramas que sirve de base para la representación de divisorias de cuencas superficiales y subterráneas y direcciones de flujo subterráneo. Este mapa describe dos acuíferos.

El primero de edad Cuaternario en los aluviones constituido de gravas, arenas, limos y arcillas, con espesor variable entre 5 y 20 m con característica de acuífero libre y comunicación hidráulica con los ríos Jarama, Manzanares y afluentes.

El segundo es un sistema acuífero de edad Terciaria, constituido a su vez por dos unidades. La unidad superior denominada Acuífero del Páramo, el cual está compuesto por dos miembros; una serie detrítica de gravas, arenas y arcillas y el otro por calizas lacustres con intercalaciones de materiales terrígenos. Se consideran acuíferos libres, colgados, con recarga directa por la infiltración de lluvia y que se descarga por los manantiales que lo bordean. La otra unidad es la denominada Facies Detrítica, que constituye el acuífero más extenso y mejor caracterizado, se considera un acuífero libre, complejo, heterogéneo y anisotrópico.

El abastecimiento tradicional la ciudad de Madrid, se realizó mediante dos tipos de captaciones someras en los materiales del acuífero terciario detrítico. Unos eran los clásicos pozos excavados a pico y pala, de al menos 1m de diámetro y unas pocas decenas de metros de profundidad. Prueba de ello es que al patrón de Madrid, San Isidro, se le relaciona con un milagro asociado a la subida del nivel de agua en un pozo para rescatar a un niño que accidentalmente se había caído en su interior. El segundo sistema de captación se basaba en los denominados viajes de aguas, consistentes en una compleja red de galerías subterráneas poco profundas, menos de 40 m, situadas al norte de la Capital (López Camacho et al., 1986). Aparte de estos dos sistemas tradicionales de abastecimiento, a partir de la década de los años 70 del S. XIX empiezan a proliferar las captaciones de aguas subterráneas mediante pozos perforados de uno o varios cientos de metros de profundidad, principalmente realizados por particulares, en una región que estaba teniendo un importante crecimiento demográfico y, por ende, la necesidad de cubrir nuevas demandas de agua.

IRAN

Desde el siglo IX hasta el siglo XVI, las sociedades islámicas experimentaron una "edad de oro" de la ciencia y la tecnología. Uno de los campos más importantes en los que aplicaron sus conocimientos y experiencia práctica es la vasta área de hidrología, en el sentido de los diversos medios de suministro de agua, el control del movimiento del agua y los diferentes dispositivos inventados y aplicados en ellos. El auge de ciudades como Bagdad, El Cairo, Córdoba, Damasco, Fez y Marrakech requirieron métodos cada vez más sofisticados de gestión del agua para abastecer a poblaciones en rápido crecimiento. Integrando, adaptando y refinando las técnicas de riego y los métodos de distribución de agua heredados de la experiencia local o tomados de antiguas civilizaciones, los ingenieros del agua del Islam comenzaron desde el siglo VIII a construir una verdadera revolución agrícola basada en gran parte en su dominio de la hidrología (Ardakanian, 2005).

Al Karaji, fue un matemático que vivió entre el 953 y 1016 d.C. y escribió un tratado científico en el que demuestra el conocimiento avanzado sobre aguas subterráneas alrededor del siglo X en las tierras islámicas. Basándose en el conocimiento de su tiempo y en sus propias investigaciones, Al-Karaji revela una comprensión técnica profunda y precisa de la teoría de las aguas subterráneas y, como tal, su contribución en este campo es el texto más antiguo que se conoce sobre el tema. Su conocimiento del agua subterránea está en general de acuerdo con la comprensión moderna del tema.

El tratado es un manual sobre hidráulica y suministro de agua, que incluye información práctica sobre la construcción de sistemas de riego en forma de túneles subterráneos (qanat). Según Al-Karaji, esta era la técnica más apropiada, ya que *"ayudó a la tierra a florecer y permitió a los hombres alcanzar el orden en sus vidas"*. El tratado incluye una descripción general de la tierra, de las rocas y las aguas que se encuentran en ella, continúa con técnicas de cómo encontrarlas, qué tipos y gustos hay, y cómo limpiar el agua contaminada, abarca además el tema de los manantiales y pozos, la perforación, la medición del agua, así como la construcción y mantenimiento de qanats.

Qanat es un tipo de canal de riego subterráneo entre un acuífero y una planicie árida. La palabra es árabe, pero el sistema es mejor conocido desde el antiguo Irán.

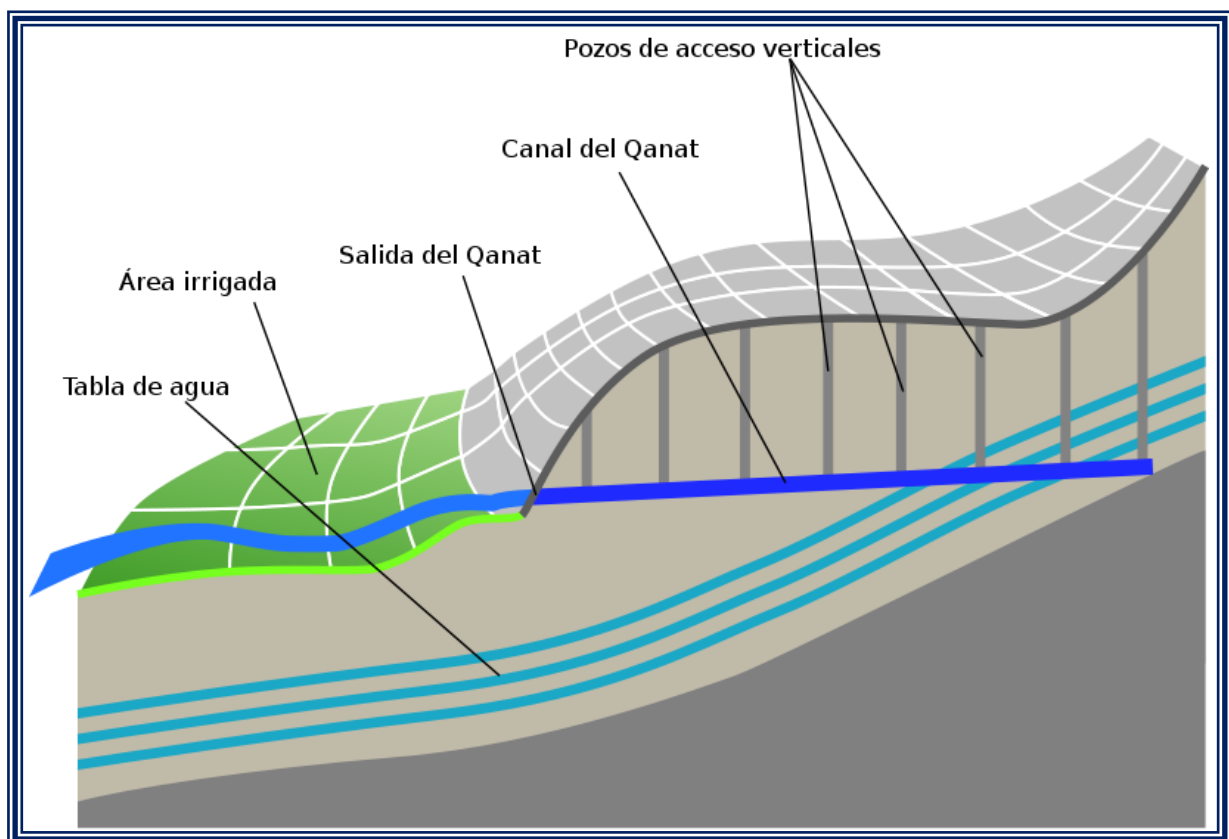
El qanat consta de un pozo principal sobre una colina, hasta alcanzar un acuífero o similar fuente de agua subterránea, cuya presencia es reconocible por la humedad de suelo.

Luego se construye un túnel casi horizontal desde el pie de la colina hasta la fuente de agua. Debe poseer un ligero declive, para permitir el descenso del agua, por un lado, y su control y racionamiento, por el otro. Cuanto más largo es el qanat, menor debe ser su declive.

Aparte del pozo madre, se cavan pozos secundarios que unen el túnel horizontal con la superficie. Su objetivo es proveer ventilación para su construcción y mantenimiento, así como vía de acceso para los trabajadores, y de salida para la tierra retirada.

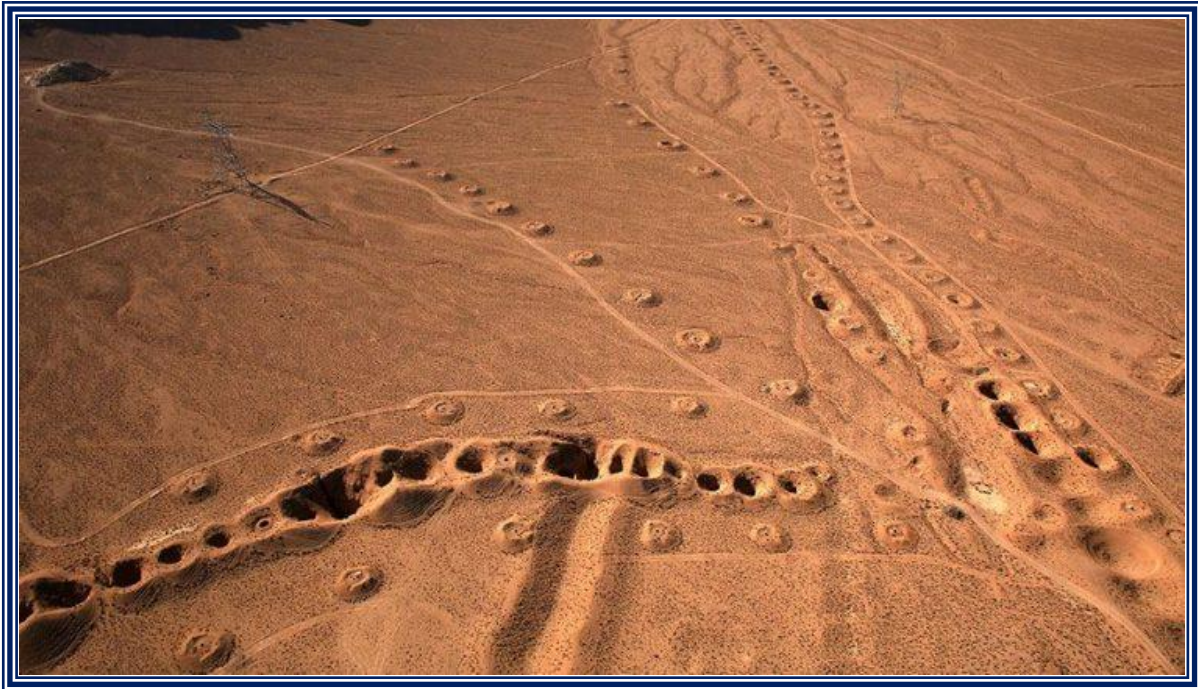
El agua desemboca generalmente en forma de cascada, y puede ser contenida por medio de represas y pequeñas lagunas artificiales. Desde allí, canales de riego llevan el agua hacia el área cultivable.

Debido a su carácter subterráneo, que previene la evaporación, el qanat es útil para transportar el agua a largas distancias, de hasta 70 km. Algunos tipos de qanat que utilizan zanjas profundas en lugar de túneles, sólo se aplican para distancias más cortas.



Corte transversal de un Qanat
Fuente: Wikimedia commons, uso público.

Los pozos verticales son como suministro de aire, para eliminar la arena y la suciedad, y para evitar que los túneles se vuelvan peligrosamente largos. Los pozos verticales no están muy separados, y como resultado, un qanat visto desde el aire da la impresión de una larga y recta línea de agujeros en el suelo



Qanat de Jupar
Foto: Rachedi, 2014. World Heritage Center, UNESCO

En la época islámica, el qanat se convirtió en uno de los métodos más efectivos para suministrar agua en regiones sin arroyos perennes. La técnica probablemente se originó en el norte de Irán en los tiempos antiguos, pero progresivamente este sistema de suministro de agua a larga distancia fue de uso generalizado en el mundo musulmán en el período medieval y hasta los tiempos modernos. De hecho, las estimaciones recientes han demostrado que el 75 % de toda el agua utilizada en Irán proviene de qanats y que su longitud total supera las 160 000 kilómetros. Fuera de Irán, los qanats todavía están en uso en partes del mundo árabe, especialmente en el sureste de la Península Arábiga y en el norte de África.

CULTURAS PRECOLOMBINAS

La utilización del agua por las culturas precolombinas incrementó el desarrollo de las sociedades de agricultores que aprovecharon las ventajas naturales de su entorno para desarrollar tecnologías hidráulicas. En las culturas hidráulicas precolombinas, aún con las grandes distancias que las separaban y el poco contacto existente entre ellas, se destacan muchas semejanzas.

Una de sus principales características fue el grado de adaptación tecnológica a las difíciles condiciones climáticas y territoriales. Las diferentes técnicas empleadas con agua en el suelo, incluyen las galerías filtrantes: Los chultunes o cisternas Mayas subterráneas eran depósitos de agua lluvia construidos en la roca o en la zona parental, conectados a sistemas de irrigación mediante canales y combinados con terrazas, que permitió llevar a cabo una agricultura intensiva (De la Torre y Bural, 1986). Se han encontrado galerías filtrantes en Tehuacán y Puebla (México), en el norte de Chile (Pica) y el sur del Perú (Nazca). Además, en Chile y Perú existen vestigios que indican la posibilidad de explotación del agua subterránea (Gay, 1973). La técnica consistía en abrir depresiones y zanjas de profundidades variables en donde se plantaban árboles. Vestigios de campos hundidos han sido investigados en Chilca y en el Valle de Virú (Perú), cuyos campos se remontan a 100 años a.C.

En Mesoamérica, la perforación de pozos verticales para “alumbrar aguas” fue un procedimiento común para surtir a las poblaciones y en ocasiones también para irrigar. Sin embargo, se conoce poco sobre sus características, antigüedad y distribución, con la excepción de uno de los más antiguos, que tiene 4,7 m de profundidad y fue identificado en Puebla, fechado nada menos que en 7900 a.C. (Marcus 2006). Otros pozos artesianos, aún sin fechar, fueron localizados en Veracruz. Uno de ellos, por ejemplo, muy bien conservado, es de forma rectangular con paredes perfectamente forradas con lajas y cuenta con una escalera de acceso hecha con el mismo material y que llega hasta el espejo de agua, situado actualmente a unos tres metros de profundidad.

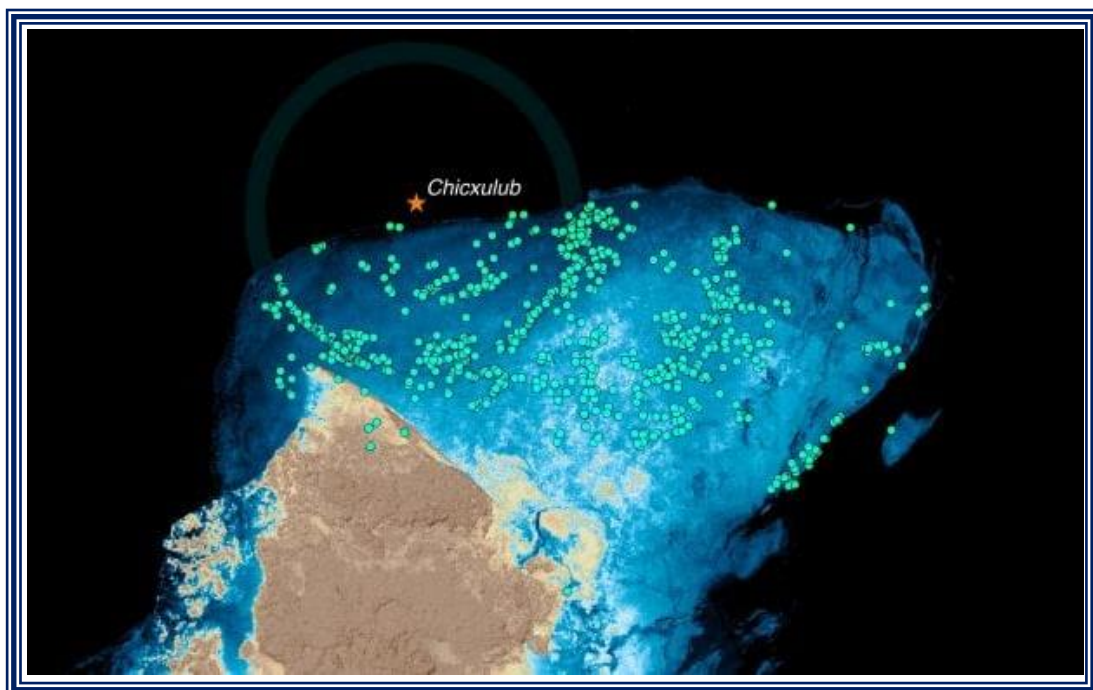
CENOTE, EL POZO MAYA SAGRADO

La palabra cenote viene del maya “dzonot”, que significa “pozo sagrado”, sin embargo; desde el punto de vista hidrogeológico se debe considerar como un manantial tipo caverna o expuesto, dependiendo si son completamente cerrados dentro de una cueva, o están abiertos al cielo como un pequeño lago.

Los cenotes, son estructuras calcáreas con una expresión geomorfológica característica, abundantes en la península de Yucatán y diversos sectores de la costa caribeña de América Central.

Dos Ojos, es uno de los sistemas de cavernas más largos, mide alrededor de 82 km con 28 entradas conocidas. Se le llama Dos Ojos, debido a sus dos cenotes que parecen como dos grandes ojos en el subterráneo. Su agua es excepcionalmente clara y pura como resultado del agua de lluvia filtrada a través de la roca calcárea. Estos cenotes están llenos de misticismo, estas oquedades eran sitios sagrados a los que debían su vida, ya que proveían de agua dulce a sus poblados.

El anillo de Cenotes, es una estructura semi circular, constituida por alineamiento de cenotes, que estaría limitando el borde del meteorito que cayó en el Golfo de México (denominada Chicxulub), hace unos 65 millones de años y que se ha relacionado con la extinción de los dinosaurios. Existen varias hipótesis sobre la formación de este anillo, todas relacionadas con estructuras, fallas y fracturas en las rocas carbonatadas depositadas posteriormente al impacto. Sin embargo, no hay claridad sobre el mecanismo por el cual el cráter profundo controla el flujo de agua subterránea cerca de la superficie (Monroy & Beddows, 2015).



Conjunto de Cenotes en la Península de Yucatán y distribución del anillo de Cenotes
Fuente: <https://sites.northwestern.edu/monroyrios/anillo-de-cenotes/>

EL AGUA EN TIKAL

Tikal es uno de los sitios arqueológicos y centros urbanos más grandes de la civilización maya precolombina. Se encuentra en la región arqueológica del Petén, en el norte de Guatemala. Está formado por más de 10 000 estructuras, incluye: plazas, templos, pirámides, palacios, baños de vapor, juegos de pelota, habitaciones, reservorios de agua. Es un sitio monumental declarado patrimonio de la humanidad por la UNESCO.

El Reservoirio del Templo es el más pequeño de los tres depósitos que existen, pudiendo almacenar alrededor de 27 000 m³ de agua y el que se ubica a la mayor altura de todos.

Sierra y Scarborough (2013), en sus investigaciones, describen este reservorio, separándolo en dos secciones: un tanque muy pequeño en el sur, de forma oval, y el otro tanque en el norte, con unas dimensiones mucho mayores y de más profundidad. El depósito más pequeño parece ser un tanque para filtrar el agua, por estar colocado inmediatamente arriba del tanque principal. Su fondo tiene gruesos estratos de arenas finas que pudieron servir como filtro para purificar el agua antes de que siguiera su curso hacia los demás reservorios. Del tanque sur el líquido pasaría hacia el tanque norte y de allí hacia los demás depósitos de la secuencia, los Reservorios del Palacio y Escondido.

Estos autores describen la emanación de agua desde los reservorios y sugieren que se debe a la existencia de un manantial. La posibilidad de contar con manantiales proporcionan agua pura (sagrada) y prístina. La existencia de manantiales en la parte central de Tikal podría ser uno de los factores por los cuales precisamente este lugar fue elegido para el asentamiento: confiriéndole la gran carga ritual y espiritual que conllevaba la existencia de dichos afloramientos de agua.

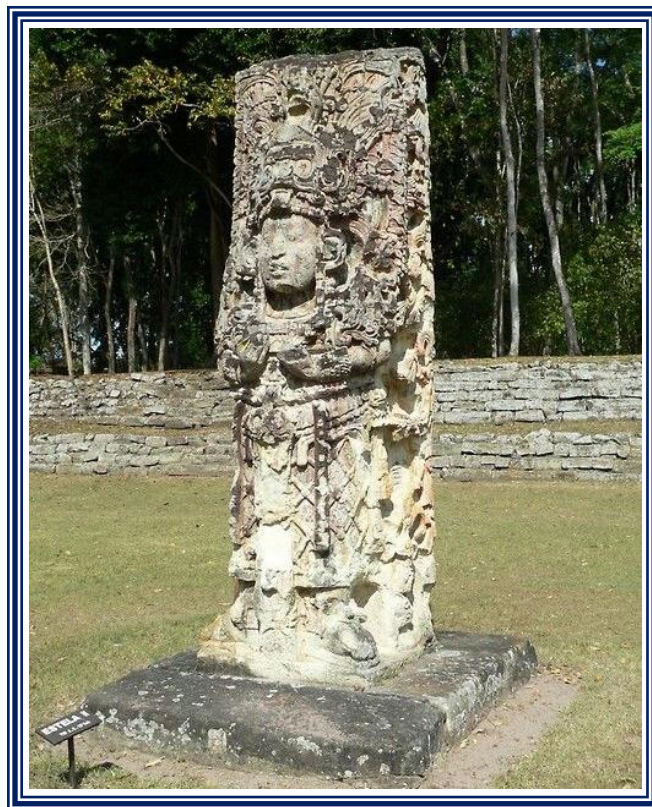
Agua que emana de las rocas, directamente de las entrañas de la tierra, del inframundo. Los nacimientos de agua le confieren un significado simbólico importante al espacio o paisaje y forman parte fundamental de la geografía sagrada de una ciudad. La existencia de manantiales en los reservorios de la parte central de Tikal explicaría no sólo por qué Tikal fue una de las ciudades mayas más importantes sino también por qué precisamente esta parte del sitio fue el lugar central de la ciudad. La locación de los afloramientos de agua en cuestión habría sido fundamental para la ubicación del asentamiento y habría formado parte del área principal del sitio desde sus inicios.

COPÁN

Copán es un sitio arqueológico de la civilización maya, ubicado en el departamento del mismo nombre, al occidente de Honduras.

Fasquelle & Veliz (2010), detallan parte de la cosmología Maya, y describen que las estelas de Copán simbolizan partes principales de su universo. La estela maya es una clase de monumento cultural. Consiste de una estructura alta de roca tallada que representa varias facetas de la vida cotidiana y fantástica Maya.

Los mayas concebían su universo como una entidad tripartita compuesta del cielo sobre la tierra, el disco de la tierra flotando en un océano primordial y un inframundo acuoso debajo de la tierra. El dios del Maíz era la deidad clave de la Creación, aunque también asistido por otros dioses. Para crear el universo, el dios del Maíz primero colocó en el centro las Tres Piedras de la Creación (estela H), recreando el fogón de la cocina y sus tres piedras en el centro de toda casa tradicional maya. Levantándose sobre el fogón estaba la montaña mítica de la Creación, en cuyo centro estaba una cueva con un manantial sagrado. Esta cueva era la fuente de nubes de lluvia y de agua fresca, fuente de toda vida en la tierra. Fue aquí donde los dioses crearon a la humanidad y conservaron el maíz para sostener a los mayas.



Estela H, Copan. Foto Mario Arias, 2000.

LOS BAÑOS DEL INCA

Los Baños del Inca, están ubicados en un lugar privilegiado dentro del Camino Real Inca, uniendo Quito con la ruta principal dirigida al Cusco, en una ciudad llamada Cajamarca, misma que ha tenido un lugar destacado en la historia del Perú a partir de su anexión al imperio incaico en tiempos del soberano Pachacútec, hacia el año 1460. Desde entonces se convirtió en un centro administrativo de gran importancia, aunque tiene pocos vestigios de arquitectura inca.

El principal atractivo turístico de Cajamarca lo constituyen las antiguas fuentes termales, conocidas como de Conoc o de Pultumarca, localizadas a pocos minutos hacia el este de la ciudad (6 km), en el distrito hoy llamado Baños del Inca. Son manantiales de agua caliente provenientes de las rocas existentes, están ubicados sobre un terreno casi horizontal, a 2 689 msnm. La temperatura promedio del líquido es de 70 C. Estos manantiales calientes son conocidos como El Tragadero y Los Perolitos. Otro manantial, conocido como Santa Rosa, provee de agua fría, que permite combinarse hasta el promedio establecido de 40 C.

En tiempos de los incas, los baños termales de Pultumarca, fueron un sitio de reposo muy apreciado por la elite imperial. Allí ocurrió el primer encuentro histórico entre el inca Atahualpa y la llegada de los españoles conducida por Hernando Pizarro. Francisco de Xerez (un testigo de ese encuentro), describe así el sitio de los baños: *“La casa de aposento es la mejor que entre los indios se ha visto, aunque pequeña. Está hecha de cuatro cuartos y en medio un patio, y en él un estanque, al cual viene agua por un caño tan caliente, que no se puede sufrir la mano en ella. Esta agua nace hirviendo en una sierra que está cerca de allí. Otra tanta agua fría viene por otro caño, y en el camino se juntan y vienen mezcladas por un solo caño al estanque; y cuando quieren que venga la una sola, tienen el caño de la otra. El estanque es grande, hecho de piedra. Fuera de la casa, a una parte del corral está otro estanque, no tan bien hecho como éste, que era el destinado a los servidores”*.

Los cronistas atestiguan que; los incas Huayna Cápac y Atahualpa tenían en muy alta estima el disfrute de los baños termales de Pultumarca (hoy Baños del Inca). El dato es todavía más relevante si se toma en cuenta la riqueza de recursos hidrotermales del Perú. Frente a los otros centros termales del país, los Baños del Inca de Cajamarca destacan por la abundancia de sus fuentes, por poseer manantiales tanto de agua caliente como fría y por la tradición que asocia el lugar con trascendentales hechos históricos.

Otros nombres quechuas tradicionales que están asociados a los Baños del Inca de Cajamarca son conoc puquio (manantial caliente), inca yacuc, (agua del inca), ninac yacuc (agua de candela) e inti puquio (manantial divino), que también tienen un valor descriptivo aplicable a otros baños termales. Ninacyacuc era el antiguo nombre del manantial caliente hoy conocido como Los Perolitos, Chiriyacuc (agua fría) era, obviamente, el nombre del manantial frío que ayuda a templar las pozas, hoy conocido como Santa Rosa. Por su parte; Llactana (de uso del pueblo) era el nombre del otro manantial caliente, hoy llamado El Tragadero.

Existe una conocida leyenda que también involucra al “pozo grande”, conocido como El Tragadero. [“Cuenta la tradición que allí se echó al fondo una de las literas de oro del inca Atahualpa, para que nunca se pueda encontrar después”](#). La leyenda fue descrita por el estudioso alemán Alexander von Humboldt cuando visitó el lugar en 1802. Humboldt trató de hacer cálculos experimentales pero llamó más su atención la “forma regularmente redonda” del borde del manantial, llegando a afirmar que “había sido artificialmente labrado en la arenisca, sobre una de las grietas del afluente” y que sería, en ese caso, obra de los incas.

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico de Perú, denominado INGEMMET (www.ingemmet.gob.pe) realizó la clasificación de las aguas de acuerdo a su temperatura, contenido de iones en solución y composición química, incluye dentro del concepto de aguas termales aquellas que poseen temperaturas mayores a 20 C y como minerales aquellas que contienen más de 1 000 mg/l de iones en solución.

El inventario hidrogeoquímico del INGEMMET en el sector de Los Baños del Inca clasifica la composición de las aguas estudiadas dentro de la familia de las cloruradas en el sector norte, y las bicarbonatadas y sulfatadas en el centro sur. Las fuentes termales poseen temperaturas por encima de los 50 °C, valores que van de pH neutro a ligeramente ácido (6,3 - 8,0) y considerable contenido de cloro (Cl) que se ha asociado como resultado de la lejana influencia subterránea de aguas marinas y domos salinos. Por su parte; el enriquecimiento de las aguas sulfatadas y bicarbonatadas se asocia con aguas subterráneas que circulan en poros y fracturas de rocas calcáreas, y que en su transcurso hacia la superficie diluyen dichos componentes.

Los estudios, recomiendan el uso del agua de los manantiales de Los Baños del Inca para el disfrute desde instalaciones de balneario, tienen por lo tanto; un valor recreativo, relajante y terapéutico, los beneficios de las aguas de los Baños del Inca son múltiples, destacándose: “están indicadas en afecciones dermatológicas, aumentando las defensas de la piel, también tienen efecto antiinflamatorio debido a la presencia de sodio, son

recomendables en casos de estrés por su importante efecto sedante, disminución de la hipertonia muscular, aumento del flujo sanguíneo y como efecto analgésico, también están indicadas para afecciones del aparato locomotor, como las contracturas musculares”.

El estudio de INGEMMET indica que en el área de Los Baños del Inca, existen aguas termales a profundidad variable que podrían ser captadas con pozos profundos en volumen suficiente para un desarrollo geoturístico del área y que para los efectos de la balneoterapia, se puede efectuar la combinación de las aguas subterráneas tanto frías como termales sin ningún problema, ya que ambas son de buena calidad.

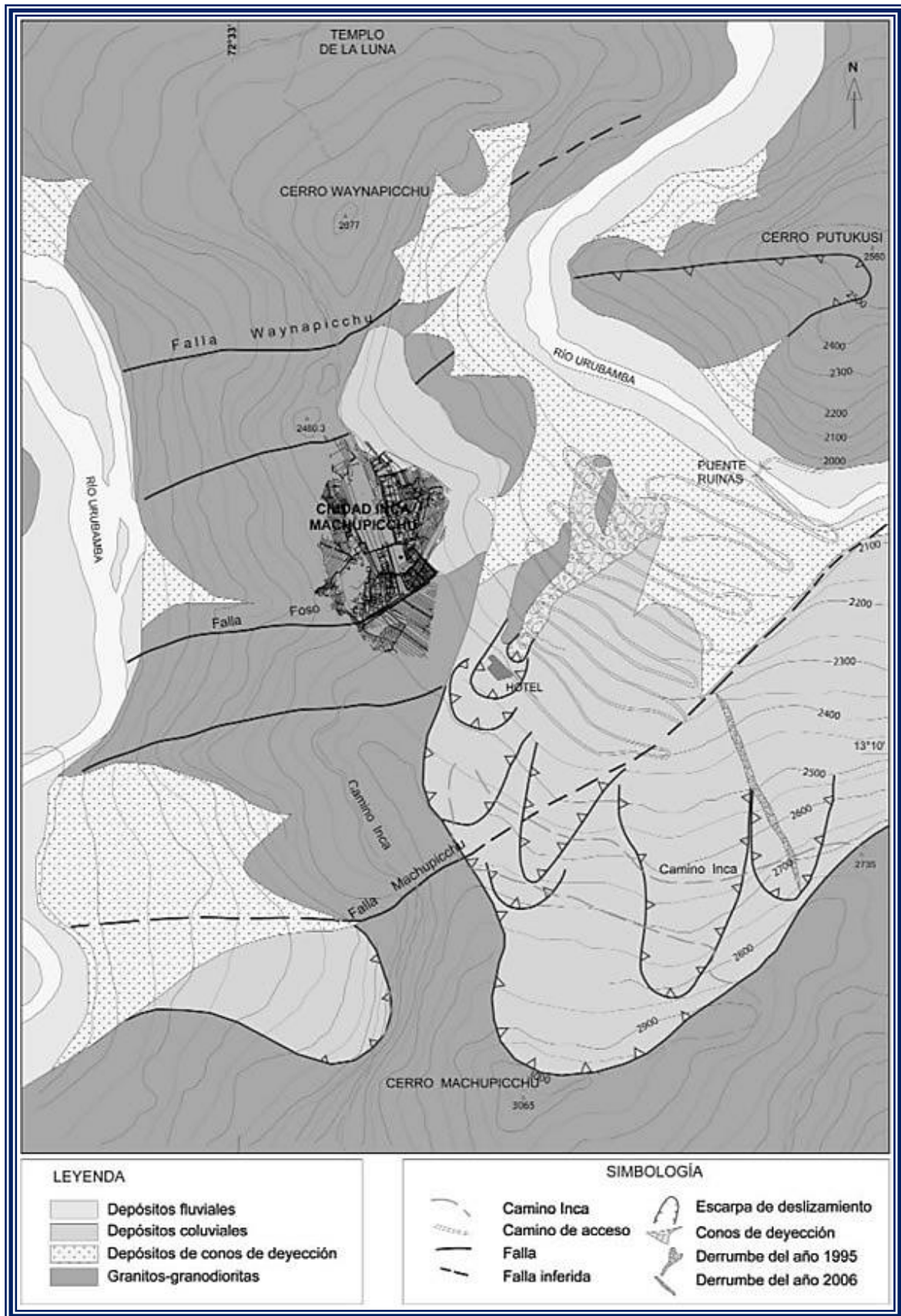
MACHU PICCHU

En la ciudad de Machu Picchu, los Incas alcanzaron un avanzado conocimiento de planificación urbana, hidrológica, hidráulica, drenaje y métodos de construcción duradera.

El lugar se halla situado en la Cordillera Oriental sobre un área de 40 km². Las características geológicas más importantes del sitio, que han condicionado su origen, son las numerosas fallas y la abundancia de fracturas en las rocas graníticas. Las dos fallas principales llamadas Waynapicchu y Machupicchu forman un bloque estructural. Este bloque, o depresión es la estructura sobre la cual el antiguo pueblo inca construyó la ciudadela.

La creciente permeabilidad a lo largo de porciones ascendentes del sistema de fallas, hace posible que las precipitaciones se infiltren y que emanen después manantiales que dan origen a un arroyo, proveyendo así al pueblo de una eterna fuente de agua, además el lugar está rodeado en tres de sus lados por río Urubamba.

La mayor parte del santuario histórico se halla sobre un conjunto de rocas ígneas intrusivas del batolito de Machupicchu, que está formado principalmente por granitos y granodioritas que han sido datados por Rb/Sr en 246 ± 10 millones de años. Estas rocas se hallan cortadas por diaclasas y fallas, las que han jugado un papel determinante modelando la morfología y el aspecto que presentaba la zona cuando los incas llegaron al lugar. En el santuario afloran también rocas metamórficas del Paleozoico inferior, rocas sedimentarias de edad mesozoica y cenozoica, y depósitos cuaternarios como coluviales, fluviales y conos de deyección. Sobre esos diferentes tipos de suelos y, en algunos casos, sobre los mismos afloramientos rocosos, se ha construido la mayoría de sitios arqueológicos, incluyendo la ciudad inca de Machu Picchu y los caminos incas.



Mapa geológico de Machu Picchu
Fuente: Carlotto, Cárdenas & Fidel, 2009.

El sector urbano contiene 172 edificaciones, tanto residenciales como templos, que estuvieron interconectadas por medio de escaleras de granito y senderos, muchos de los cuales son también rutas para los canales de drenaje.

Los ingenieros incaicos dieron una gran prioridad al drenaje superficial y subterráneo de Machu Picchu durante su diseño y construcción. Según, Wright & Zagarra (2000), hay diez componentes principales en su sistema de drenaje:

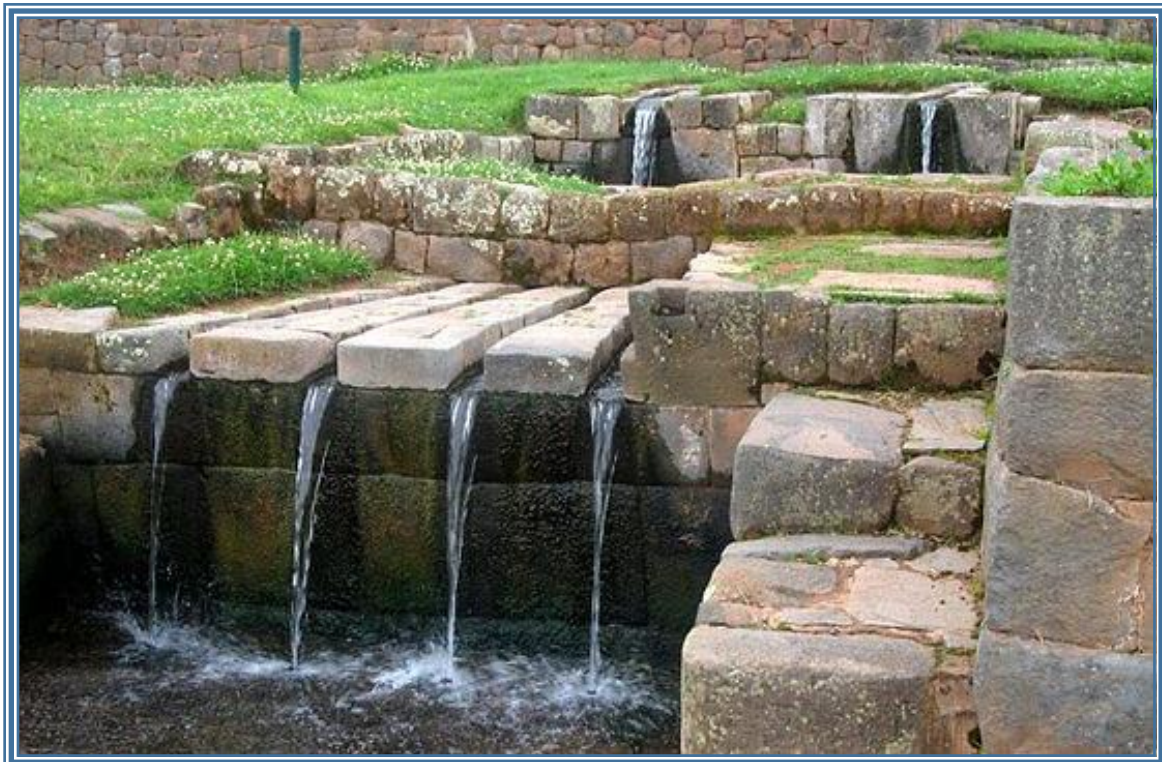
- Drenaje principal centralizado que separaba el sector agrícola del urbano
- Drenaje superficial para las terrazas agrícolas con adecuadas pendientes longitudinales, que conducen a canales de superficie integrados con escaleras de acceso a las terrazas o al drenaje principal.
- Drenaje agrícola del subsuelo, típicamente consistente en piedras grandes cubiertas con una capa de grava, encima de ella, otra capa de material un tanto arenoso.
- Administración y control de drenaje de agua doméstica no utilizada.
- Eficiente drenaje superficial del suelo sembrado con pasto corto para evacuar el agua que caía de los techos de paja de las numerosas construcciones y el agua de escorrentía de las plazas. En algunos lugares existen canales de goteo para los techos de paja.
- Canales de drenaje urbanos y agrícolas combinados con escaleras, senderos o interiores de templos.
- Profundos estratos de fragmentos de roca bajo las plazas para hacer posible que la plaza reciba e infiltre la escorrentía de áreas tributarias.
- Un sistema para el área urbana que consiste en 129 salidas de desagüe ubicadas en los numerosos muros de contención y en las paredes de los edificios.
- Cuevas subterráneas con un flujo relativamente libre del agua bajo tierra a través de depósitos permeables naturales de granito meteorizado y rocas.
- Sistemas concebidos para interceptar el drenaje de agua subterránea en la parte inferior del flanco oriental del cerro, para el abastecimiento de fuentes ceremoniales y utilitarias.

El acceso al agua fue uno de los principales problemas que afectaron a los incas en la construcción de Machu Picchu. Tenían que encontrar una fuente de que les abasteciera permanentemente. Wright & Zagarra (2000) explica que el canal que trae el agua a Machu Picchu es de 750 m de largo, 12 cm de profundidad y 15 cm de ancho, permitiendo un flujo de 5 l/s.

TIPÓN

Otra estructura incaica, que demuestra la veneración de este pueblo por el agua que brota de las rocas es el Tipón, una estructura que consta de 12 terrazas agrícolas con áreas que van desde 1200 hasta 4500 m². En la parte superior existe un manantial, el flujo del manantial es de 1,07 l/s. Se incluyen además 43 estructuras de caída de agua, dos fuentes ceremoniales, tres canales de flujo supercrítico y decenas de paredes. Estéticamente las terrazas centrales son el resultado de un diseño bien planificado del medio ambiente. Tipón representa el origen de la vida, siendo la interpretación realizada por Villena (2002) de la siguiente manera:

En la parte más alta se encuentra el Puquio (ojo de agua subterránea, manantial) que vendría a ser el creador Wiracocha, después que el agua discurre por unos metros se separa en dos creándose al hombre y la mujer (dos fuentes), luego esta se divide en cuatro fuentes siendo la interpretación que la primera fuente es macho, hembra, macho, hembra, estas se unen y se multiplican creándose así el pueblo Inca, luego el agua discurre por una base plana que vendría a ser la interpretación de la vida cotidiana de los seres humanos, luego el agua cae en una pequeña pendiente a lo que se interpreta como la muerte, el agua se une nuevamente en un canal esto sería interpretado como las almas se van por el río o mayu o río del olvido, finalmente el agua discurre a través de las terrazas.



Tipón,
Foto: Mario Arias, 2013.

ÁFRICA OCCIDENTAL

Un viejo proverbio de Senegal que dice “Le vieil éléphant sait où trouver de l'eau”, (el viejo elefante sabe dónde encontrar el agua), es la fuente de inspiración para toda una manera de ver la relación entre estos animales y el agua bajo las condiciones ambientales del lugar.



El viejo elefante sabe dónde encontrar el agua
Dibujo: Eva Arias, 2019. Composición fotográfica: Mario Arias, 2019.

Desde la poesía, la novela, las fábulas infantiles que llegan a nuestros días, se ha promovido la capacidad de los elefantes para encontrar agua subterránea, ya sea por su inmejorable memoria, así como por su capacidad de utilizar los colmillos de marfil para excavar en el suelo, aprovechando el lecho del río seco cuyo nivel de agua se encuentre somero.

Así, una poesía atribuida a Georgette Louvel Gouret, publicada originalmente en francés, en el año 2014 dice:

¡El viejo elefante sabe dónde encontrar agua!
Pueden ser kilómetros, bajo el sol.
Él no estará mal porque no tiene igual.
Vaga por su jungla, evita peligros, escollos.
Para orientarse, él es el amo del desierto bajo el cielo azul.
Desde muy temprana edad ha despertado su instinto.
Desde entonces ha reinado como un anciano honorable.
Llevando a diario, a los jóvenes a la fuente.
¡Mientras asesora a sus seguidores!

Quo, un medio digital, en el año 2015 informa que los Elefantes detectan vibraciones que produce el agua al caer, ya sea porque perciben las ligeras vibraciones que causa en el suelo la caída de los rayos de una tormenta, y ellos saben que la tormenta dejará agua, así que se dirigen hacia la zona. O por que se comunican cuando un miembro de la manada da con un manantial o charca, avisa de dónde se encuentra mediante gruñidos de baja frecuencia que pueden detectar el resto de la manada.

En otro de los países de África Occidental, Mali, desde el año 2016 una misión de Geólogos sin Fronteras, está implementando un sistema de perforación que abarata los costos. El sistema es manual, con materiales baratos y al alcance de las poblaciones locales, en lugar de utilizar maquinaria compleja y cara.

El proceso de perforación consta de tres etapas:

- Preparación: La broca de excavación es un tubo metálico reutilizado, generalmente de hierro. Un trípode con puntales, una polea y una cuerda completan la instalación.
- Excavación: La perforación se realiza manualmente, toma unos diez días, dependiendo de la dureza del terreno. Los residuos generados van cayendo a una zanja.
- Extracción del agua: Una vez completada la excavación se instala una bomba manual de agua. Todos los materiales son fáciles de encontrar, baratos y se pueden trabajar con herramientas básicas. De esa forma, la población local puede reparar las eventuales averías.

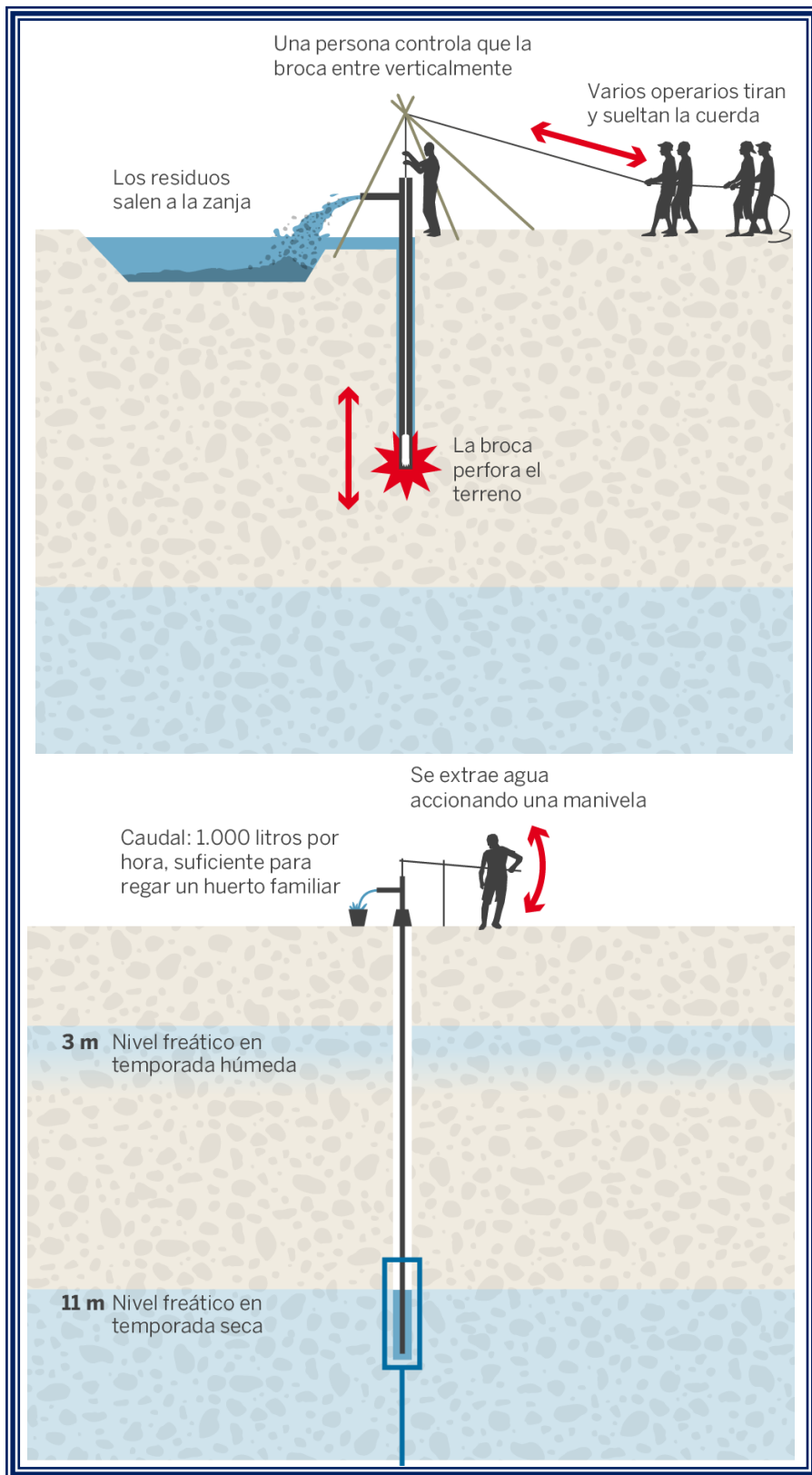
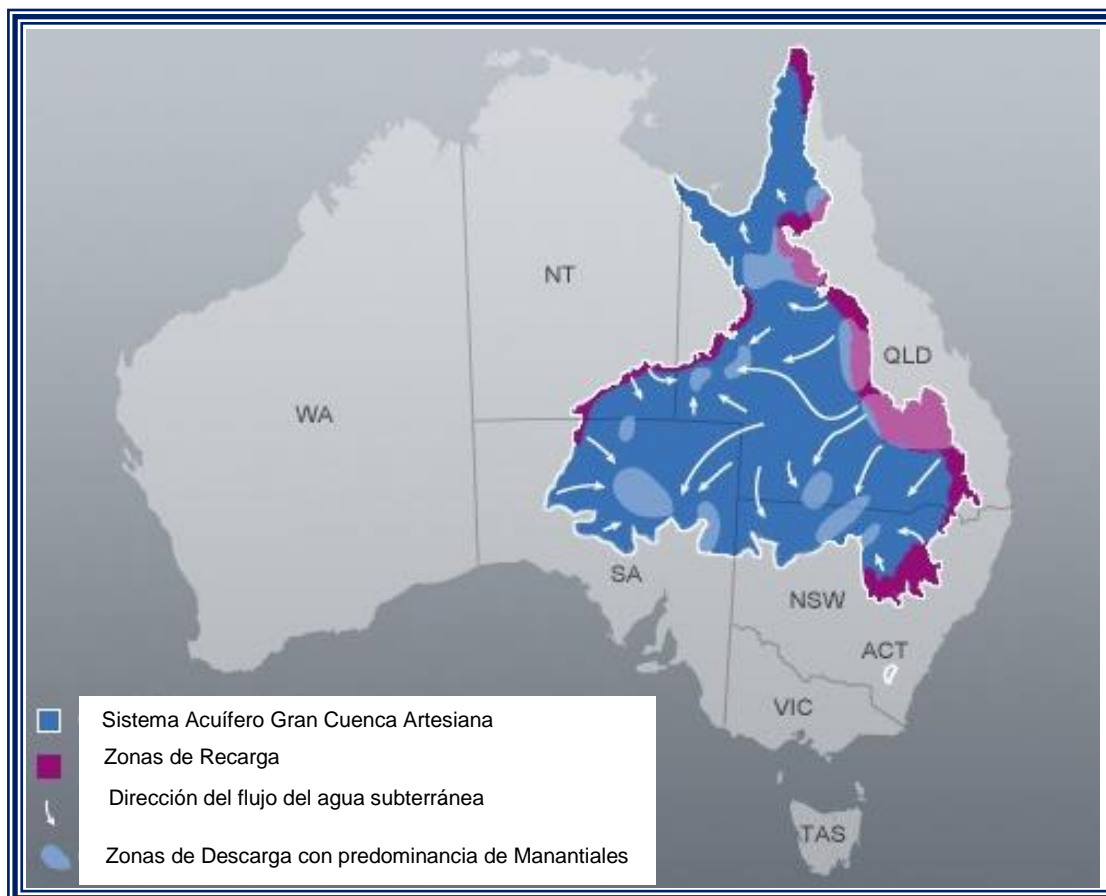


Diagrama de proceso de excavación manual de un pozo en Mali
Fuente: El País, 2016.

AUSTRALIA

La Gran Cuenca Artesiana es uno de los sistemas acuíferos más grandes el mundo. Se encuentra en el 22 % del subsuelo australiano, se extiende desde los trópicos húmedos hasta los desiertos del interior. Es considerado como un recurso estratégico de ese país.



Modelo Conceptual de la Gran Cuenca Artesiana en Australia

Fuente: Modificado de ABC, 2012.

Léase: WA: Australia Occidental, NT: Territorio del Norte, SA: Australia Meridional, QLD: Queensland, NSW: Nueva Gales del Sur, ACT: Territorio Australia Capital, VIC: Victoria, TAS: Tasmania.

La Gran Cuenca Artesiana como sistema acuífero, consiste en capas alternas de arenisca permeable y de limolitas y fangolitas poco permeables que actúan como capas sello. El grosor de esta secuencia varía desde menos de 100 m en las extremidades de la cuenca hasta más de 3 000 m en las partes más profundas de la misma. Además del recurso hídrico que se aprovecha por medio de manantiales y pozos, en esta cuenca, hay secuencias de areniscas que contienen petróleo y gas natural.

La Cuenca forma una gran estructura sinclinal, levantada y expuesta a lo largo de su margen oriental dejándola inclinada al suroeste. Según Habermehl (1996), la recarga ocurre principalmente a lo largo del levantamiento en los márgenes orientales.

El agua subterránea fluye generalmente hacia el sudoeste sobre la mayor parte de la cuenca, pero hacia el noroeste y el norte en la sección norte. La velocidad a la que el agua fluye a través de las areniscas varía entre uno y cinco m/año. La datación de las aguas artesianas más antiguas ha dado edades de casi 2 millones de años, que se encuentran en la zona suroeste de la Cuenca. La calidad del agua en los acuíferos principales es generalmente buena, algunos parámetros como los Sólidos Disueltos Totales varían entre 500 y 1 500 mg/l, la temperaturas del agua varía desde 30 °C en las áreas más bajas a más de 100 °C en las áreas más profundas.

Para la gestión de la Gran Cuenca Artesiana, en el año 2004, se instauró un Comité Coordinador, que brinda asesoría a las organizaciones y agencias comunitarias y a las instituciones estatales sobre la gestión eficiente, efectiva y sostenible de todos los recursos, y coordina la actividad entre las partes interesadas.

Antes de la llegada de los europeos, la Gran Cuenca Artesiana se descargaba naturalmente a través de manantiales, muchos de ellos en el árido sur australiano. Estos manantiales eran el sustento de una variedad ecosistemas, además de proveer el elemento vital a las comunidades aborígenes entre de los pueblos; Kuyani, Arabana y Wangkangurru y sus rutas de comercio. Luego de la llegada de los europeos, este sistema acuífero se convirtió en una importante fuente de agua para ranchos, irrigación y uso directo para ganado y personas, y es de vital importancia para las áreas rurales en Australia.

El Centro de Geociencias de Australia (<http://www.ga.gov.au>) tiene disponible un Atlas con la compilación de mapas que documentan algunos de los aspectos geológicos, hidrogeológicos e hidroquímicos, uso del suelo y clima regionales de la Gran Cuenca Artesiana, que proporciona información sobre la comprensión actual de la geometría regional y las características físicas de las rocas y el agua contenidas en este vasta sistema acuífero.

Por su parte, la Comisión Nacional de Aguas (www.nwc.gov.au), entre otras cosas, trabaja en incorporar a los enfoques de gestión del agua de Australia la visión indígena, pues ellos han manejado sus tierras y aguas de manera sostenible durante muchas generaciones, a través de sus conexiones espirituales, culturales y consuetudinarias con el paisaje, han adquirido un profundo conocimiento y comprensión de los sistemas de agua de Australia.

COSTA RICA

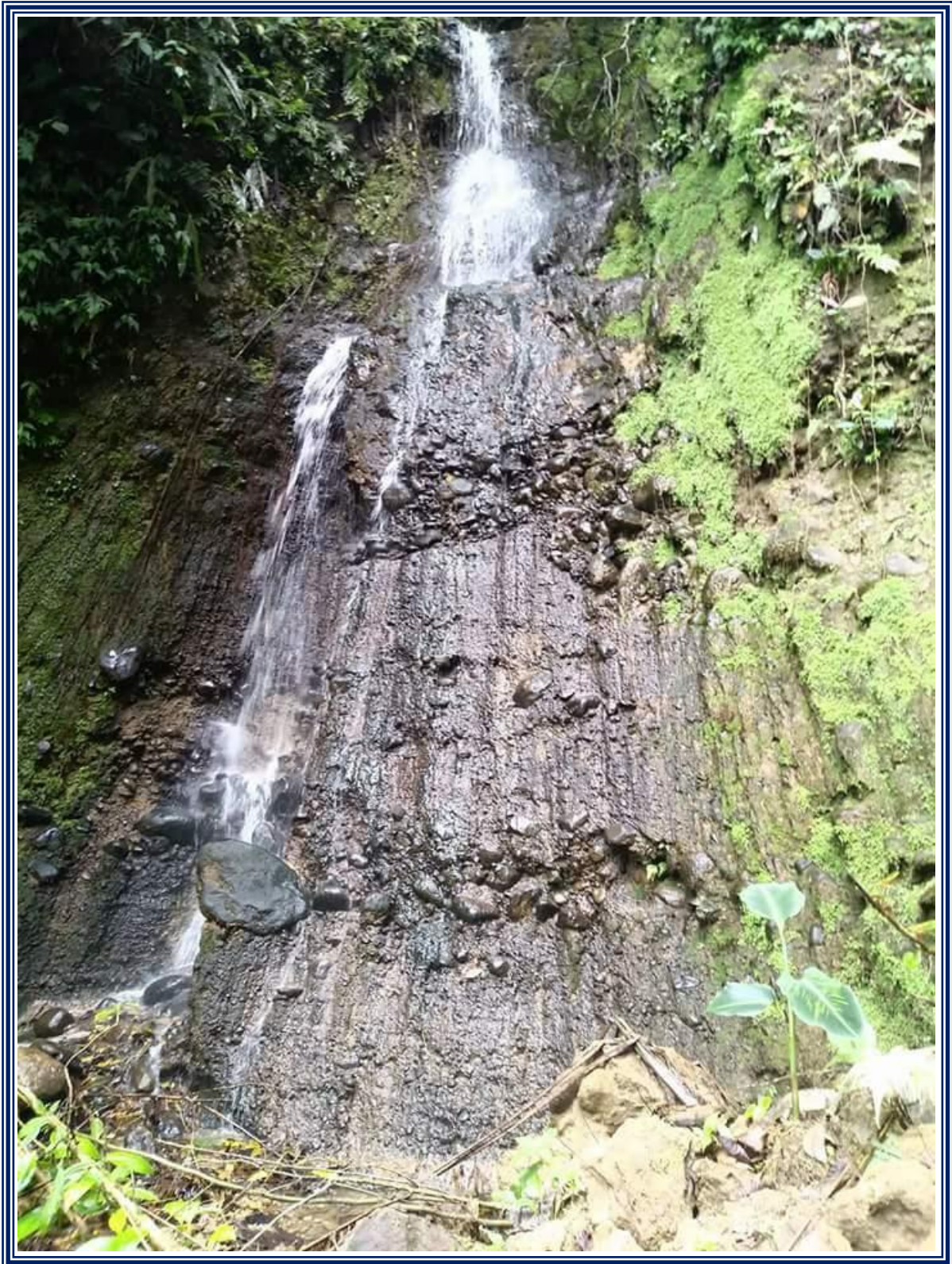
COSMOVISIÓN DE LA CULTURA MALEKU

Los maleku, también conocidos como guatusos, son una etnia de Costa Rica. En el siglo XIX, el territorio histórico de los maleku se extendía unos 1100 km² principalmente alrededor de la cuenca del río Frío. En la actualidad, quedan solamente 3 palenques: Margarita, Tonjibe y El Sol, todos ubicados en la Reserva Indígena Guatuso a 6 km de San Rafael de Guatuso.

Su religión cuenta con muchos dioses, llamados Tócu maráma, los cuales están relacionados con la gran cantidad de ríos que surcan su territorio. La cuenca del río Frío (Ucúrinh) ha sido fundamental en la supervivencia y en el desarrollo cultural de este pueblo. Las partes altas de los ríos Frío, Venado, Cucaracha, La Muerte, Pataste, Buenavista y Samen son consideradas sagradas. El agua (Tii) tiene un importante significado religioso en sus creencias.

En entrevista con el señor Alfredo Acosta Blanco, presidente de la Asociación Desarrollo Integral del Territorio Indígena Maleku, realizada en abril del año 2018, cuenta que dentro de la cosmovisión maleku, el agua es vital para la salud, tanto para los quehaceres domésticos, así como medio de transporte a diferentes partes de la comunidad por medio de balsas. También para ellos es importante conservar la montaña y sembrar árboles, porque los arboles protege la montaña y de ahí nace el agua que es el preciado líquido. Ellos están en una lucha constante para proteger las zonas donde están las nacientes para que las futuras generaciones puedan tener ese preciado líquido como es el agua.

Así; con conjunto con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, estaban construyendo el acueducto que va a abastecer a las comunidades de los palenques Margarita y Tonjibe y la comunidad de Viento Fresco, a partir de la captación de 10 manantiales que están en la parte alta del río Sol (Toji). La fuente de mayor caudal, es la designada como F 10, con un caudal de 2 l/s. El agua del manantial brota en el contacto entre una capa compuesta por intercalaciones de cantos y depósitos de arena y gravas que se encuentra en la parte superior de depósitos de tobas, ignimbritas y lavas. En la catarata (Ti-fakara) en el río Sol, se observan la secuencia de rocas que permiten el flujo de agua subterránea entre sus poros y fracturas.



**Catarata en el río Sol, territorio Maleku
Foto: Mario Arias, 2018.**

EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

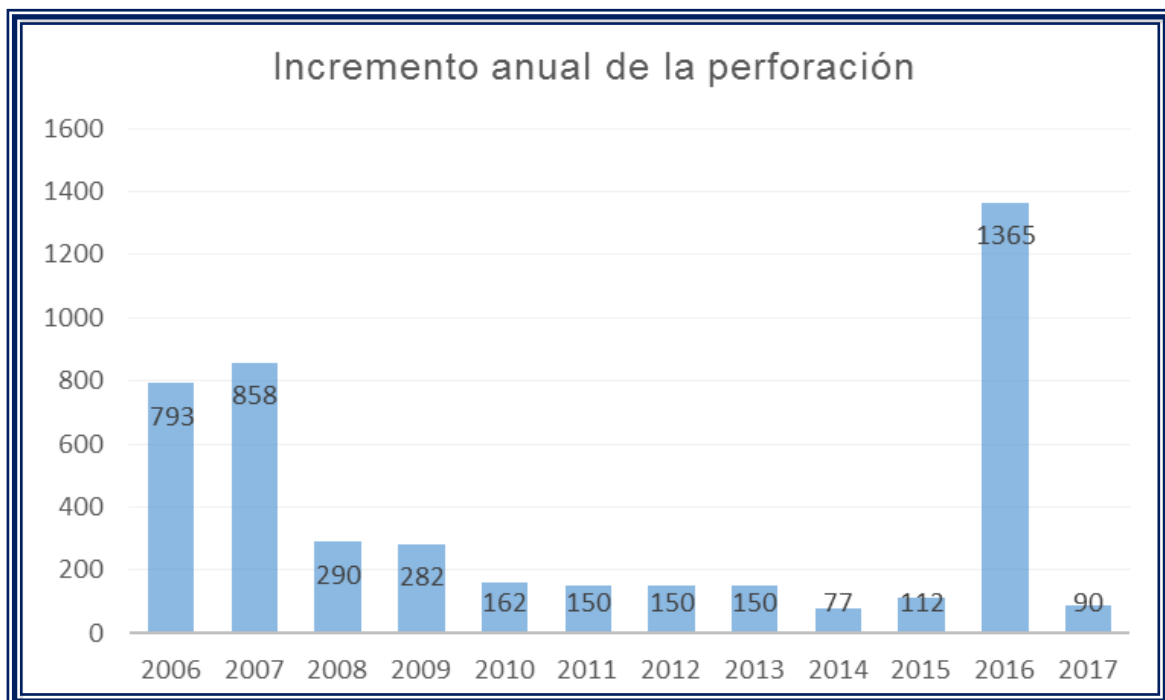
Vargas (2001), hace un recuento sobre el manejo del recurso hídrico en Costa Rica, y cita que en el periodo precolombino, la abundancia de agua durante el período de lluvias, el caudal de los ríos y quebradas y hasta de manantiales en gran parte de Costa Rica, favorecía su aprovisionamiento y utilización sin muchos esfuerzos por parte de los habitantes. Además, el agua de los ríos tenía un efecto purificador, ya que era utilizada durante el período de embarazo de las indígenas. Durante la colonia, fue un recurso imprescindible para la incipiente actividad ganadera. Sin embargo, se nota un cambio en la dimensión del aprovechamiento del agua, pues paso de ser un elemento adorado como un dios y se convirtió en un recurso subordinado a las necesidades de los habitantes.

Alvarado (2004), recopila que durante la conquista el agua fue un medio fundamental de transporte, tanto de personas como de cabotaje. También fue de importancia en el uso doméstico, para lo cual se tomaba de corrientes superficiales o bien de manantiales y que a inexistencia de tuberías era transportada en vasijas. Cita además, que una novedad, fueron los pozos excavados en los solares de las casas. Esto se debió a la costumbre de las comunidades españolas mediterráneas de abastecimiento por este medio. Indica que en el S. XVIII; la incipiente y limitada población creció con la medida impulsada por el sacerdote Pomar de Burgos, quien en 1751 ordenó la construcción del primer acueducto de San José: una profunda zanja para acarrear agua al caserío, que por entonces se abastecía con agua de pozos de poca profundidad y filtros de piedra. Se desconoce la fuente del agua de este primer acueducto y otras acequias construidas posteriormente ubicadas probablemente al NE del caserío.

Alvarado et al. (2003), comentan que el 9 de junio de 1873 se firma un contrato a consecuencia del decreto de 2 de junio de ese mismo año, entre Salvador González, Secretario de Estado y Juan Braun, contratista, para la construcción de varios pozos artesianos en San José. Son escasos los informes que existen en relación con la supuesta construcción de los pozos, así como información sobre caudales y calidad del agua y acerca del lugar donde se construyeron.

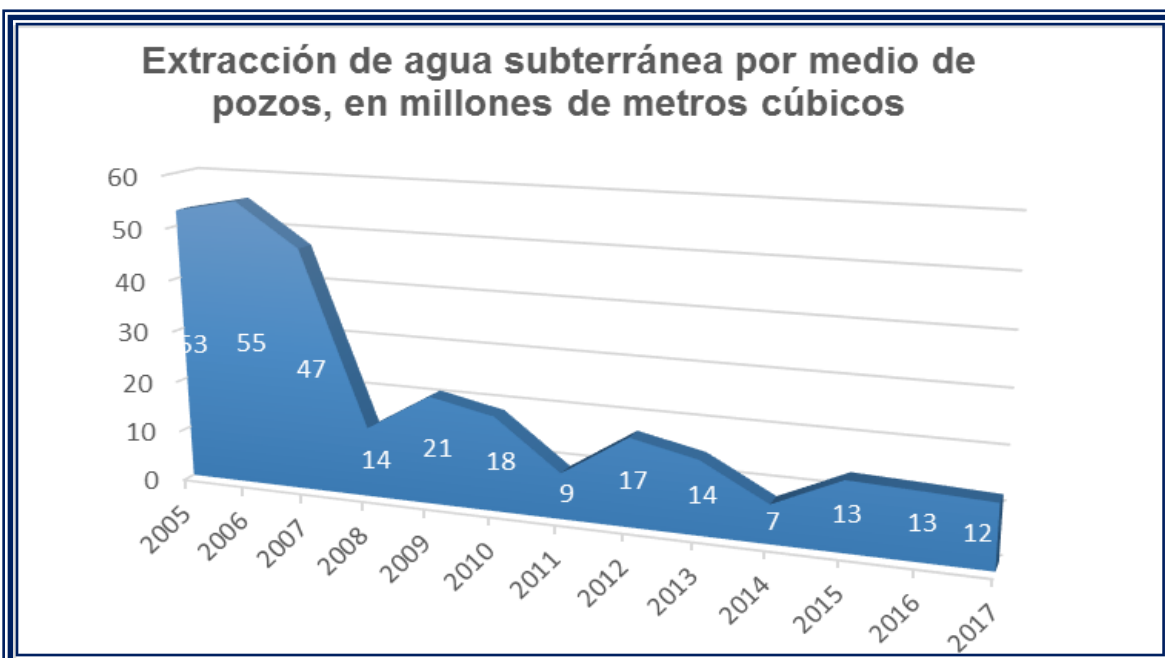
Alvarado & Vargas (2017), mencionan que mucha de nuestra historia precolombina, colonización y conquista ha estado ligada a las fuentes termales, desde mitos y beneficios presumiblemente medicinales, hasta fines recreativos y, más recientemente, como una guía hacia la búsqueda de los recursos geotérmicos con fines de aprovechamiento de su potencial de generación de energía eléctrica, así como a un geoturismo más organizado; y como un complemento más de la vigilancia volcánica y sísmica.

A partir del análisis de los datos publicados por el Estado de La Nación, en el periodo 2006-2017, se puede observar el incremento anual de perforaciones legalmente tramitadas para la extracción del agua que viaja y se almacena en las rocas.



Incremento anual de la perforación en el periodo 2006-2017

Fuente: Mario Arias, 2019. Datos del Programa del Estado de La Nación a partir de la información proporcionada por el SENARA.

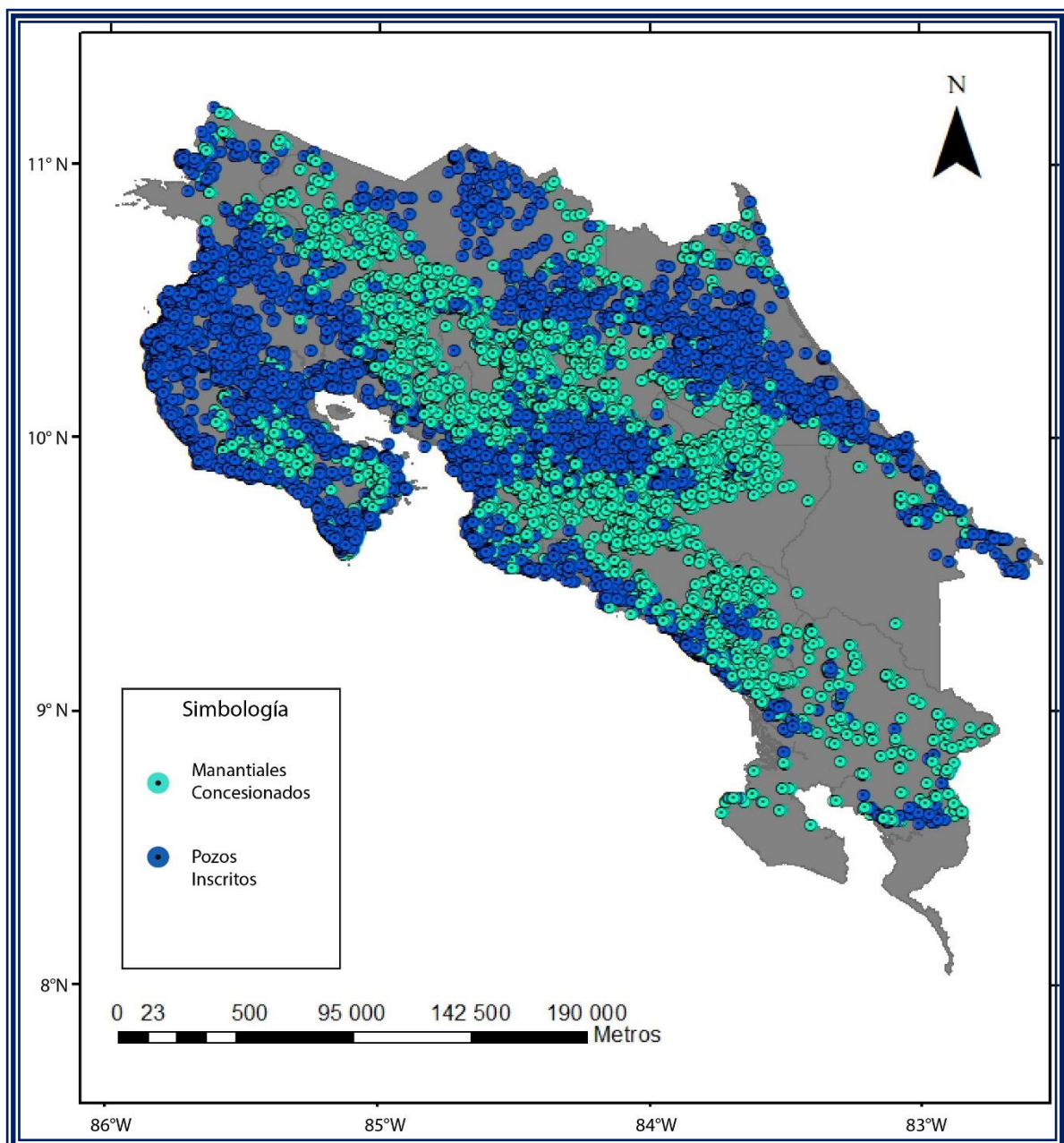


Volumen de extracción del Agua Subterránea por medio de pozos en el periodo 2005-2017

Fuente: Mario Arias, 2019. Datos del Programa del Estado de La Nación a partir de la información proporcionada por el SENARA.

El volumen de extracción o aprovechamiento del agua subterránea reportados por el SENARA, tal y como se aprecia en el gráfico anterior está descendiendo, lo cual es poco fidedigno, si se consideran los eventos de sequía en los últimos años que han sido mitigados parcialmente con la perforación de nuevos pozos y construcción de acueductos.

Considerando las bases de datos oficiales de la Dirección de Agua del MINAE, se han representado un total de 21 765 concesiones de aprovechamiento de agua subterránea, de las cuales 10 628 son manantiales y 11 137 son pozos debidamente inscritos a febrero del 2019.



Distribución de autorizaciones de aprovechamiento del agua subterránea por medio de pozos y manantiales debidamente registrados.

Fuente: Mario Arias, 2019, con datos de la Dirección de Agua, imagen de J.D. López.

El mapa anterior, hay que considerar que dependiendo de la región del país, puede haber entre un 30 y 70 % de sub registro de concesiones de aprovechamiento de agua. Si no fuera así, no hubiera sido necesario los periodos de amnistía establecidos por decreto en los años 2002 y 2010 que se detallan a continuación.

Reglamento de Perforación y Explotación de Aguas Subterráneas, del año 2002, que en su artículo 22, estableció un plazo de seis meses para que todos los pozos perforados con maquinaria o equipo especializado antes de la promulgación del presente Reglamento y que no hayan contado con el permiso de perforación, ni cuente en la actualidad con el derecho de uso del agua, deberán ser legalizados solicitando la concesión de aprovechamiento de aguas respectiva en el Departamento de Aguas.

Reglamento de registro de pozo sin número y habilitar el trámite de concesión de agua subterránea del año 2010; otorgó un plazo de un año para que todas las personas físicas o jurídicas, públicas o privada procedieran a inscribir los pozos que se hayan perforado sin autorización y solicitar su respectiva concesión de aprovechamiento de agua. Así mismo, en el artículo 8, establece tácitamente zonas de restricción de perforación en: reserva acuífera Puente Mulas, Moín y Río Bananito, Barva y Barranca, así como en los acuíferos Sardinal, El Coco, Panamá, Playa Hermosa, Mala Noche y Playa Sámará, Huacas y Tamarindo.

La administración, en su momento el Departamento de Aguas, hoy Dirección de Agua del MINAE, ha establecido así, vía reglamento, diversos instrumentos que permiten la exploración y aprovechamiento del agua subterránea por medio de la perforación de pozos, estando vigente actualmente el Reglamento de Perforación del Subsuelo para la Exploración y Aprovechamiento de Aguas Subterráneas del año 2010, que regula entre otras cosas; lo referente a las empresas perforadoras, los permisos para perforación y sus condiciones, incluyendo los estudios hidrogeológicos, los permisos de concesión de aprovechamiento del agua y las sanciones.

En la actualidad, es necesario tomar en consideración, todos los requisitos establecidos en el Reglamento de Perforación vigente, sin embargo; me parece importante detallar sobre los siguientes:

De la distancia de retiro de pozos: En conformidad con los supuestos del artículo 8º de la Ley de Aguas Nº 276 del 26 de agosto de 1942, se debe establecer una distancia de retiro de operación del pozo de hasta 40 metros, entendida esta como la distancia inmediata al pozo que debe mantenerse para permitir el acceso al sistema del pozo, así como brindar seguridad y protección al acuífero sobre actividades aledañas al mismo.

De la solicitud de exploración y aprovechamiento de aguas subterráneas: La solicitud de permiso de perforación del subsuelo para la exploración y aprovechamiento de aguas subterráneas, debe presentarse conjuntamente con la solicitud de concesión de aprovechamiento de aguas ante la Dirección de Agua, por parte del propietario registral del inmueble donde se pretende aprovechar el agua, entregando debidamente lleno el formulario prediseñado para tal efecto y adjuntando una serie de requisitos.

Del uso de sustancias contaminantes en la perforación: En el proceso de perforación no podrán usarse sustancias contaminantes; tales como solventes, aceites, detergentes ni lodos que no sean biodegradables; ni verterlos a los terrenos aledaños al pozo, ni en los cauces. De no acatar esta disposición, la Dirección de Agua podrá cancelar el permiso de perforación y se suspender la licencia a la empresa perforadora por un plazo de seis meses, sin perjuicio de la responsabilidad administrativa, civil o penal que puedan ser imputados por ocasionar daño al recurso hídrico.

De la instalación de tubería en pozos para el monitoreo: Una vez concluida la perforación, se deberá instalar un tubo de un diámetro mínimo de treinta y ocho milímetros, con el fin de realizar las mediciones de niveles de agua. Debe ser instalado desde la superficie del terreno hasta dos metros debajo del nivel dinámico. Asimismo, se debe dejar una prevista para realizar la medición del caudal en la superficie del terreno.

De la entrega del informe de perforación: En el término de 15 días hábiles a partir de la conclusión de los trabajos de perforación, la empresa perforadora o permisario deberá presentar ante la Dirección de Agua dos copias del informe de perforación del pozo, suscrito por el profesional geólogo responsable acreditado para la perforación. Una copia para el expediente de concesión y la otra para enviar al Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA).

De la prueba de bombeo: Toda prueba de bombeo deberá acompañarse de un análisis técnico que indique lo siguiente: caudales, abatimientos y tiempos. También deberá indicarse el nivel de agua antes de iniciar la prueba, caudal de explotación recomendado, así como determinar transmisibilidad y la presencia de barreras positivas o negativas. La prueba de bombeo deberá cumplir con un período mínimo de 24 horas. Lo anterior sin perjuicio que la Dirección de Agua considere la necesidad de realizar un período de prueba de bombeo diferente a la indicada, lo cual solicitará mediante resolución debidamente justificada y motivada. La prueba de bombeo y respectivo informe debe ser elaborado por un profesional geólogo y estar acreditado al colegio respectivo.

Otras recomendaciones generales que se han dado a los diferentes prestatarios del servicio de agua para abastecimiento público por medio del sistema de pozos, son:

Implementar o mantener en óptimas condiciones el sistema de cloración del agua en el pozo y asegurar la potabilidad de la misma.

Normalizar el nombre utilizado en varios de los pozos, ya que algunos de ellos son conocidos con diferentes nombres, lo cual tiende a confundir, situación que se ve reflejada incluso en los nombres reportados en las instituciones estatales.

En varios pozos es necesario poner tubería para la medición de niveles y tubería de indicador de grava.

Es necesario llevar el registro mensual de los niveles estáticos y dinámicos de cada pozo.

Revisar mensualmente el nivel de grava, para aquellos pozos que tienen instalada la tubería de grava. En el caso de que se requiera rellenar hasta alcanzar el nivel óptimo, se recomienda usar grava redonda de $\frac{1}{4}$ pulgada, tipo "tortuguilla" y no de la tradicional de quebrador, pues al ser angulosa permite más fácilmente el paso de sedimentos.

Es necesario realizar una limpieza interna a los pozos al menos cada año, utilizando aire comprimido y pistón, con el fin de liberarlos de posibles objetos (rocas, suelo u otro tipo de material) que pueden estar obstruyendo las rejillas, lo que aumenta el coste del bombeo y disminuye el caudal máximo que puede estar brindando el pozo.

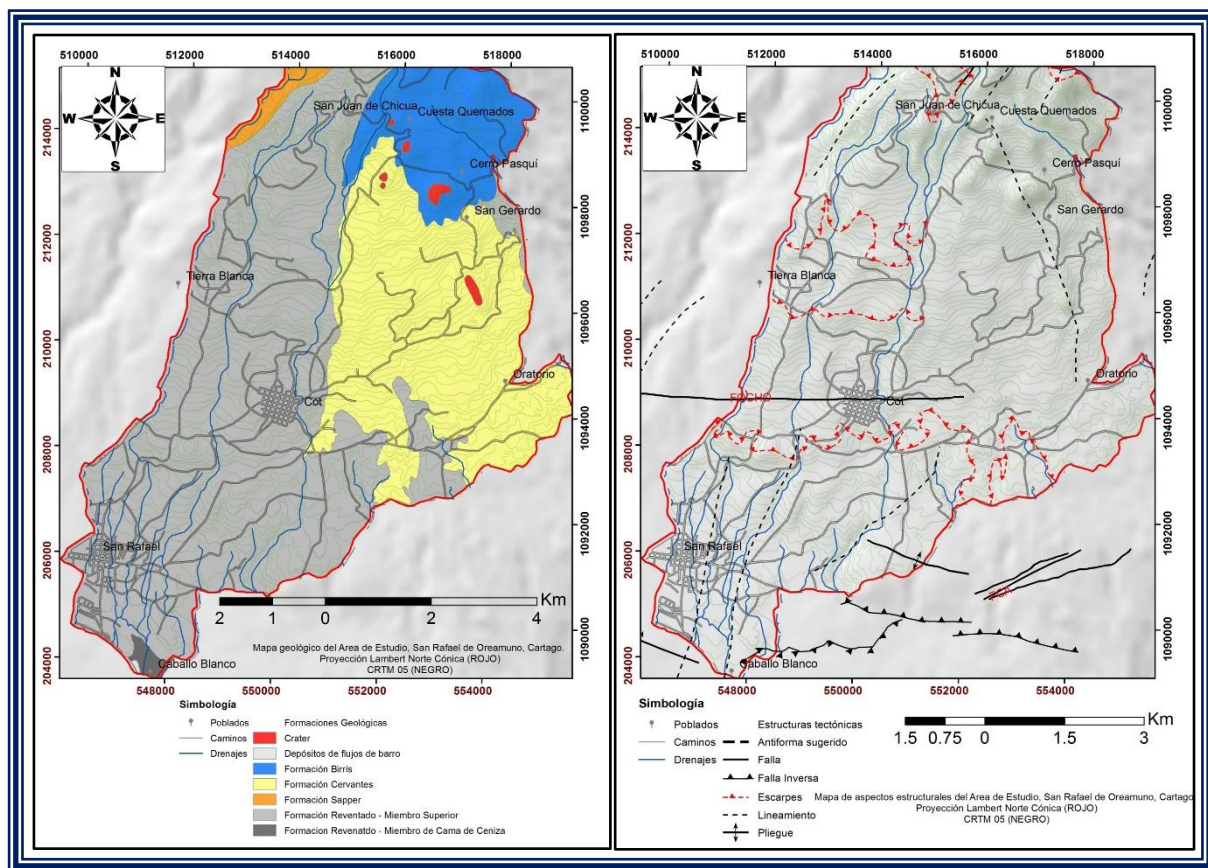
Se recomienda, una vez al año, revisar los impulsores de la bomba de agua para determinar defectos de entrada y salida, así como el estado de la tubería y roscas.

Como medida de seguridad, es necesario que toda la instalación eléctrica desde la salida del pozo a la caja principal esté entubada con tubería de protección tipo "conduit".

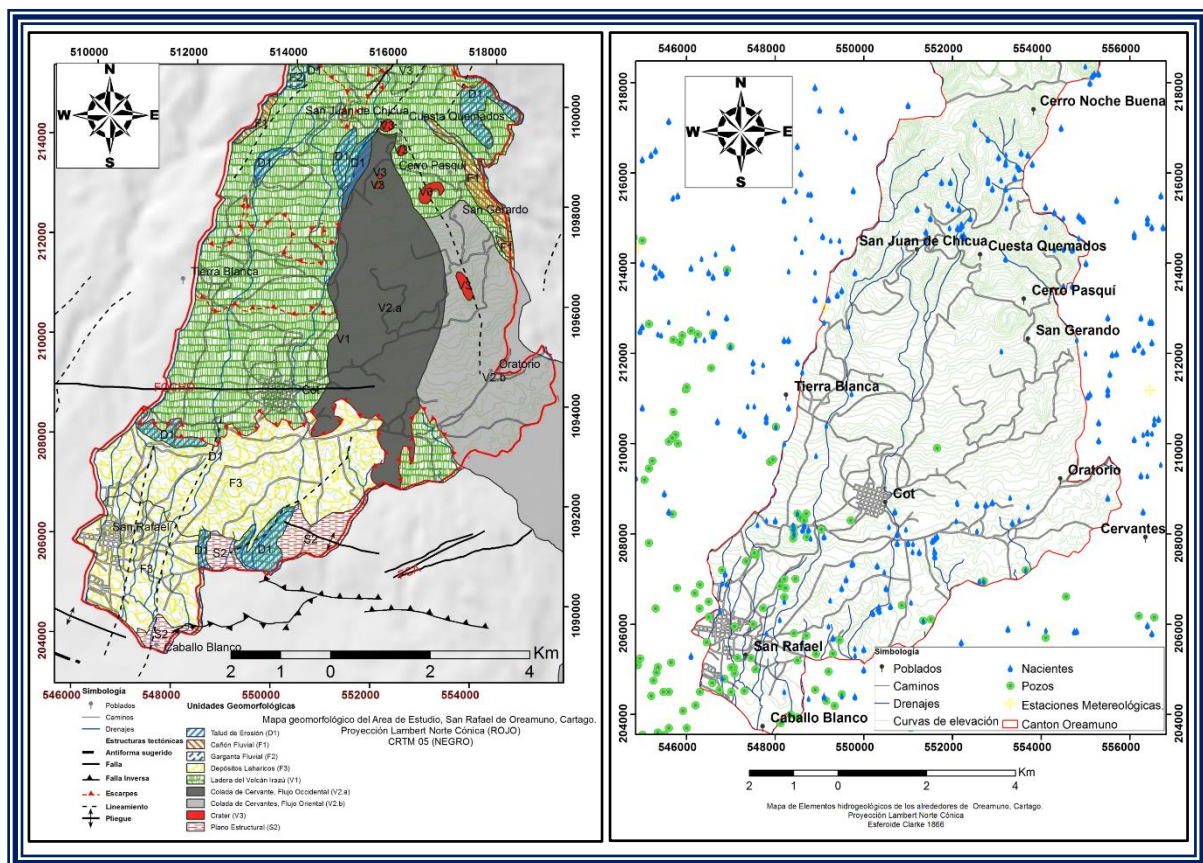
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DELIMITACIÓN DE ZONAS APTAS PARA PERFORAR EN EL DISTRITO CENTRAL DE OREAMUNO, CARTAGO

Ante la escasez de agua, producto de la falta de planificación, ordenamiento territorial e infraestructura hídrica, el acueducto municipal de Oreamuno requería, en el año 2013, un incremento de su caudal del orden de los 50 l/s para abastecer a su población. Por esta razón; solicitaron un estudio hidrogeológico que les guiara en la determinación de las zonas aptas para perforar pozos que permitieran cumplir su objetivo.

A partir de la información de la geología, geomorfología, distribución de pozos y manantiales, de las condiciones climáticas y del uso actual del suelo de la zona, se establece que la hidrogeología del área de estudio se encuentra condicionada por los tipos de rocas presente, su edad, composición y estado de alteración.



Mapa litológico y de estructuras geológicas del cantón de Oreamuno.
Fuente: Mario Arias, 2013.

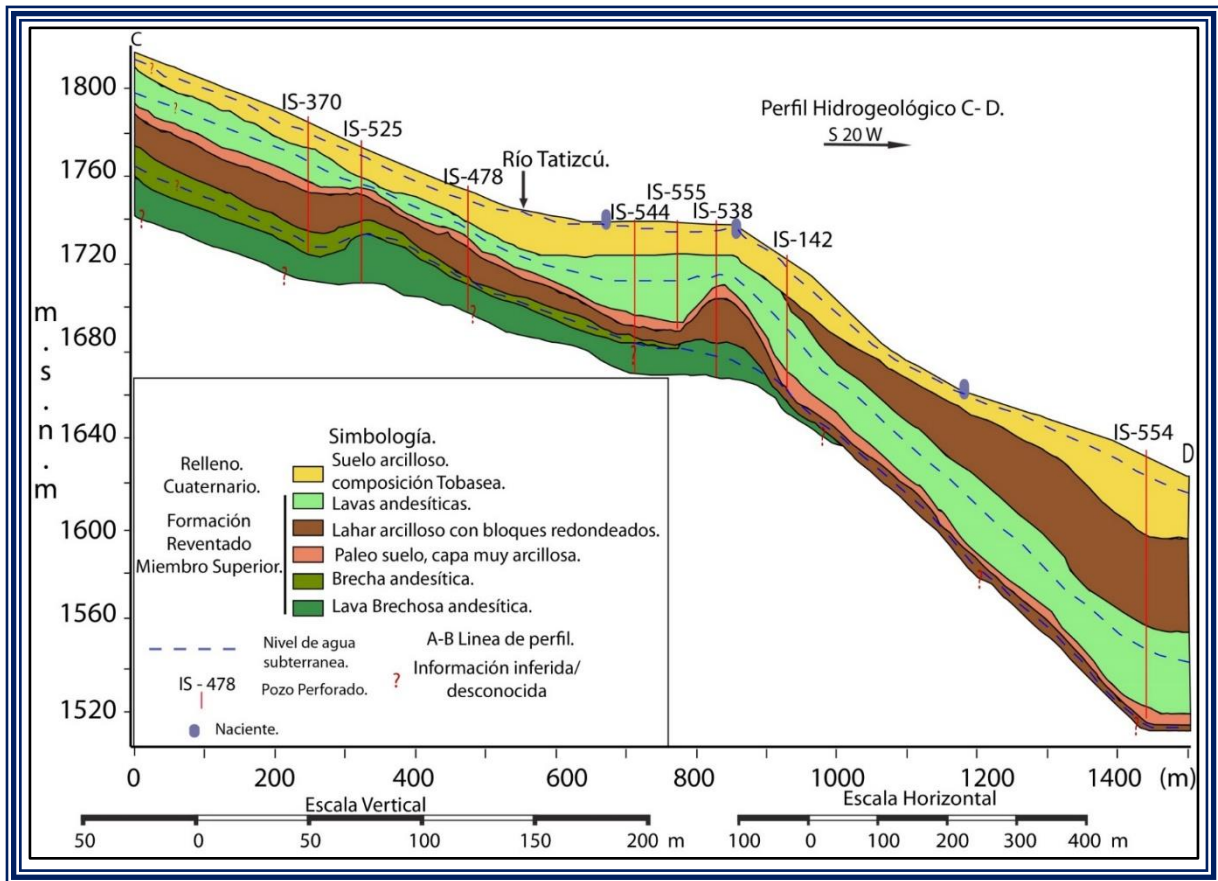


Mapa geomorfológico y distribución de pozos y manantiales del cantón de Oreamuno.
Fuente: Mario Arias, 2013.

Se presentan dos acuíferos, uno libre y otro confinado.

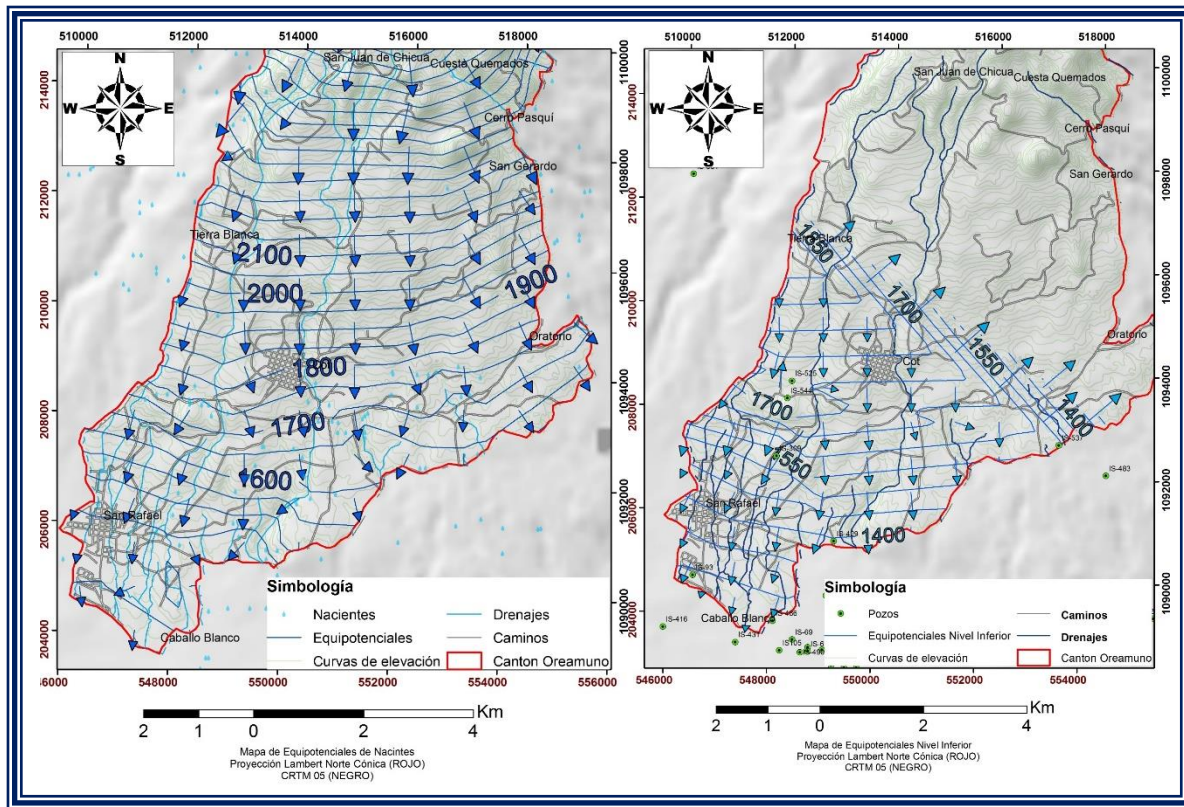
El primero, superficial compuesto de lahares, cenizas y depósitos cuaternarios, con un espesor máximo según la información interpretada de los pozos aledaños de hasta 20 m.

El segundo acuífero, está conformado por intercalación de lavas y brechas, con algunas capas de lahar y/o paleosuelo; bastante arcillosos que originan el confinamiento del agua subterránea, las lavas son principalmente de tipo andesítico, de moderada a muy alta fracturación. El espesor de las rocas saturadas con agua subterránea es del orden de los 50 m, ubicado entre los 50 m y 80 m de profundidad. Los caudales máximos de extracción de agua subterránea varían entre los 15 l/s a 18,2 l/s.



Perfil hidrogeológico del cantón de Oreamuno.
Fuente: Mario Arias, 2013.

La dirección del flujo de agua subterránea claramente está condicionada por los materiales geológicos y la pendiente de estas unidades, ya que la misma es hacia el sur en el acuífero superior que es libre, y cuyas isolíneas se obtuvieron a partir de la cota de afloramiento del agua en los manantiales. Por su parte, en el acuífero inferior, que es confinado, la dirección de agua subterránea obtenida a partir de los registros de pozo indica una tendencia hacia el S-SE.

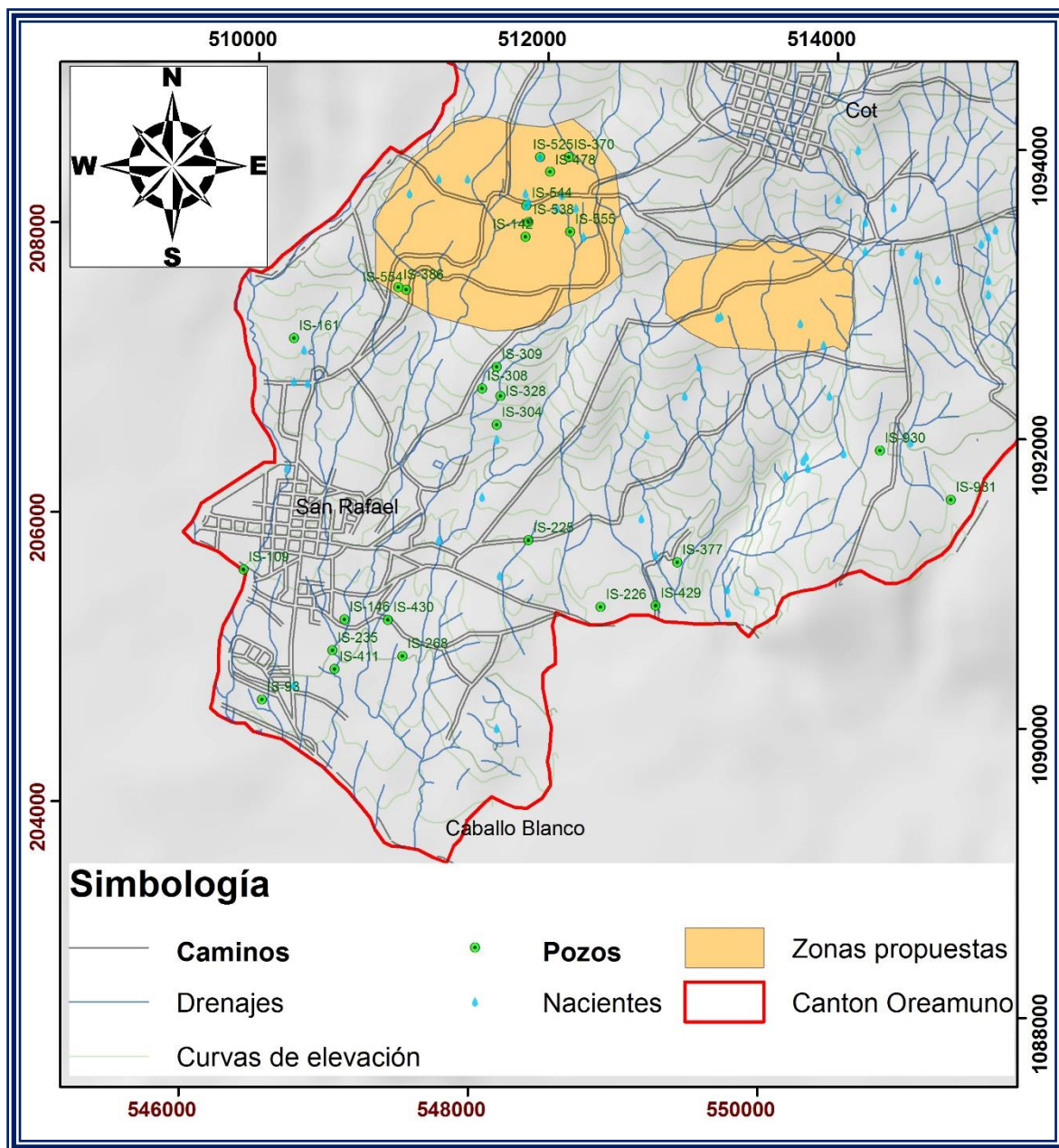


Dirección del Flujo del Agua subterránea en un sector del cantón de Oreamuno. El mapa de la izquierda representa las isolíneas obtenidas a partir de los manantiales (acuífero libre) y el mapa de la derecha representa las isolíneas obtenidas a partir de los pozos (acuífero confinado).

Fuente: Mario Arias, 2013.

Con el fin de extraer agua para los fines de la Municipalidad de Oreamuno, se recomienda perforar con el objetivo de captar el acuífero inferior, el cual está contenido en brechas lávicas y/o lavas andesíticas fracturas, las cuales son sobreyacidas por una secuencia de lahares de baja permeabilidad que favorecen el grado de confinamiento de este acuífero. Esta situación hidráulica es favorable para captar agua de calidad apropiada para el consumo humano. Además al captar este nivel de agua subterránea se reduce el riesgo de contaminación por actividades antrópicas como la existencia de tanques sépticos, y la utilización de productos agroquímicos utilizados en la agricultura.

Según la distribución y densidad de pozos y manantiales en el área de estudio, así como los caudales máximos extraídos de ambos, se identifican dos zonas potenciales para realizar la perforación. Es indispensable que en todo el proceso de perforación se cumpla con los requisitos establecidos en el Reglamento de Perforación vigente.



Distribución de las zonas aptas para la perforación en un sector del cantón de Oreamuno.
Fuente: Mario Arias, 2013.

CONTRIBUCIÓN SOCIOEDUCATIVA EN EL APROVECHAMIENTO Y PROTECCIÓN DE MANANTIALES Y POZOS

Los manantiales y pozos representan los mecanismos de extracción del agua que viaja entre los poros y fracturas de las rocas, el primero como proceso natural y el segundo como estructura artificial para aprovechar el agua subterránea. En Costa Rica, el tema de aprovechamiento sostenible y protección efectiva se debe tratar no solamente en las dependencias técnicas, sino también en el proceso educativo, es por ello; que se presentan algunas experiencias socioeducativas en la enseñanza del recurso hídrico a nivel de educación general básica, secundaria y universitaria.

Se trata de transferir de una manera lúdica el conocimiento sobre las aguas subterráneas a la población estudiantil y a diversas comunidades, todo ello enmarcado desde el ciclo hidrológico y del uso del suelo. Así; a partir de varias actividades formativas entre ellas; cuentos, rompecabezas, crucigramas, maquetas demostrativas se ha iniciado este proceso en Cartago y en Sardinal.

En el caso de Cartago, en el marco de la Comisión de Recurso Hídrico del cantón central, se realizó en el año 2017 el Rally del Agua, con estaciones para que los estudiantes de primaria conozcan los conceptos y funcionamiento de los diferentes elementos del ciclo hidrológico. En la estación del Agua Subterránea, se mostró el movimiento del agua en las rocas y su aprovechamiento por medio de pozos y manantiales, para ello se utilizó maquetas de modelos hidrogeológicos, pozos demostrativos y equipos de medición, cuentos didácticos sobre el flujo del agua subterránea y dibujos para pintar y reforzar el concepto de infiltración del agua entre los poros y fracturas de las rocas.



**Descripción del flujo del agua subterránea por medio de maquetas de modelo hidrogeológico y de pozo excavado.
Fotos: Juan Vargas, 2017.**



**Narración del cuento sobre el agua subterránea y documento para pintar sobre el camino del agua entre las rocas.
Fotos: Mario Arias, 2017.**

En el caso de Sardinal, se han realizado diversas presentaciones a estudiantes de secundaria, exponiendo sobre el agua subterránea y su aprovechamiento por medio de los pozos.

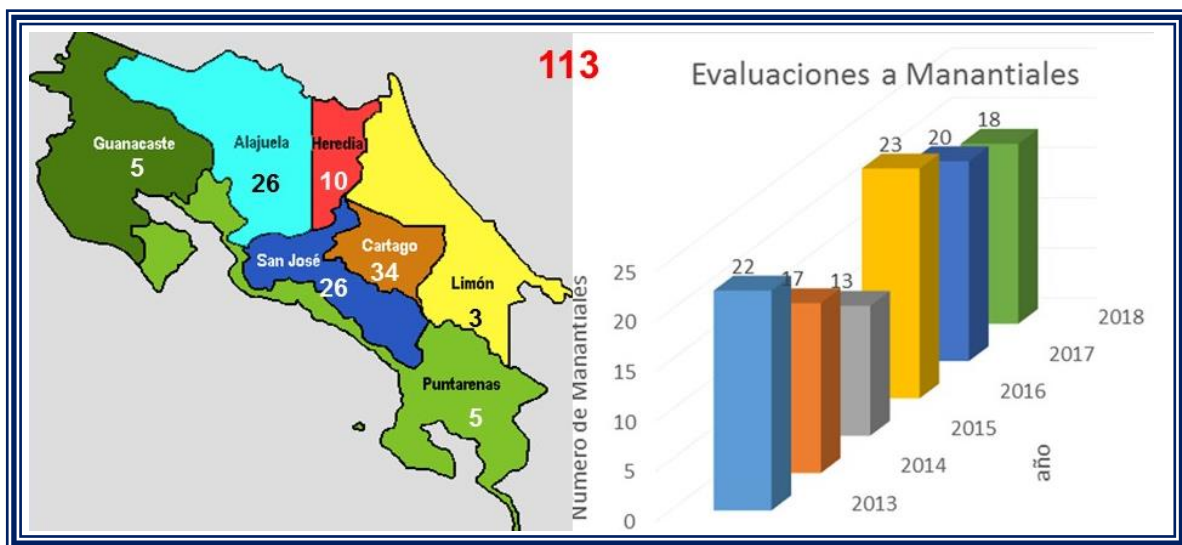


**Presentación ante estudiantes del Colegio Técnico Profesional de Sardinal, sobre el Agua Subterránea y su aprovechamiento por medio de pozos excavados.
Fotos: Ricardo Pastrana, 2017.**

Además, se han elaborado documentos dirigidos a los docentes de primaria y secundaria en el cual se explica de manera clara, con lenguaje apropiado y apoyado en imágenes gráficas, diversos conceptos sobre el Acuífero Sardinal, entre ellos; su distribución, movimiento del flujo de agua, relación recarga y precipitación y tipos de captaciones, que permitan el desarrollo de actividades formativas con los estudiantes.

A nivel universitario, en el periodo 2013-2018, los estudiantes del curso Manejo de Recursos Hídricos a nivel de licenciatura de la Escuela Centroamericana de Geología, han caracterizado un total de 113 manantiales o pozos.

Esta caracterización se lleva a cabo, en primer instancia, en el lugar de procedencia del estudiante, con el objetivo de promover la vinculación social, técnica y profesional en su propia comunidad, e incluye entre otras cosas; una descripción geológica del sitio de afloramiento del manantial o pozo, análisis de la infraestructura de captación, medición del caudal de agua, e inspección del uso del suelo en los alrededores de la fuente, que le permita al estudiante brindar recomendaciones que incidan en la protección del agua subterránea que es utilizada por los entes operadores del servicio de abastecimiento de agua potable.



**Distribución espacial y temporal de la evaluación de manantiales y pozos por parte de los estudiantes de licenciatura de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica.
Fuente: Mario Arias, 2018.**

Con estos casos concretos y aunados con los diversos proyectos de investigación realizados, se pretende contribuir de manera efectiva para que esa agua que viaja entre los poros y fracturas de las rocas sea visualizada y aprovechada de manera sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- AL-KARAJI, 1973: La civilisation des eaux cachées: Traité de l'exploitation des eaux souterraines composé en 1017 a.d. Texte établi, traduit et commenté par Ali Mazahéri. Nice: Université de Nice, Institut d'études et de recherches interethniques et interculturelles (IDERIC), II+187 pp.
- ALVARADO, D., ZELEDÓN, J.M., & QUIROS, A., 2003: Primeros 100 años del marco legal costarricense sobre Recursos Hídricos (1884-194). . MINAE, Departamento de Aguas, Informe interno, 24 p.
- ALVARADO, D., 2004: Sinopsis histórica del abastecimiento primitivo de agua para la ciudad de San José. MINAE, Departamento de Aguas, Informe interno, 20 p.
- ALVARADO, G., & VARGAS, A., 2017: Historia del descubrimiento y aprovechamiento de las fuentes termales en Costa Rica. Rev. Geol. Amér. Cental, 57: 55-84.
- ARDAKANIAN, R., 2005, Overview of Water Management in Iran, Water Conservation, Reuse, and Recycling, Proceedings of the Iranian-American Workshop. The National Academies Press, Washington D.C., 18-34.
- ARIAS, M.E. & MUJICA, A., 2003: Prospección arqueológica en América Central mediante el uso de métodos geofísicos. Rev. Geol. Amér. Central. 29: 35-41
- ARIAS, M. E., LOSILLA, M. & ARREDONDO, S., 2006: Estado del conocimiento del agua subterránea en Costa Rica. Boletín Geológico y Minero, 117 (1): 63-73.
- ARIAS, M. E., 2008: El agua subterránea en Costa Rica. Boletín Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo. 27- año VII.
- ARIAS, M.E. 2008: Influencia del tectonismo en el modelo hidrogeológico conceptual y aplicación de la geofísica en la determinación de la intrusión salina en Sámara, Costa Rica. Revista Latinoamericana de Hidrogeología. 6, 15-23.
- ARIAS, M. E., 2010: Estudios Hidrogeológicos: una ventana de oportunidad. Informe del Estado de la Nación (XVI) p. 213.
- ARIAS, M.E., 2010: Manantiales.- en Curso Nacional de Gestión de Cuencas Hidrográficas (módulo II). CATIE, TEC, UCR. Informe Interno, proyecto ED-2596. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 5 pp. + anexos.
- ARIAS, M. E., 2011. Gestión del Recurso Hídrico y uso del agua año 2010. Ponencia preparada para el Decimoséptimo Informe Estado de la Nación. San José, Programa Estado de la Nación.
- ARIAS, M. E. 2011: Estudio Hidrogeológico Regional de la Cuenca del Río Frío. Informe Interno, proyecto 830-A9-518. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 132 pp.

- ARIAS, M.E., 2013: El monitoreo del agua subterránea como instrumento de gestión. Informe Interno. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 10 pp.
- ARIAS, M.E., 2013: Estudio hidrogeológico en el distrito primero del cantón de Oreamuno: recomendaciones de sitios aptos para la perforación de pozos. Informe Interno. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 126 pp.
- ARIAS, M. E. 2014: Estudio hidrogeológico del acuífero productor que brinda el agua a La Pilita de la Basílica Nuestra Señora de los Ángeles. Cartago, Costa Rica. Informe Interno, proyecto 830-B4-806. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 117 pp.
- ARIAS, M. E., 2017: Contenidos para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico: El caso del Acuífero Sardinal. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 72 pp.
- ARIAS, M. E., 2018: Jurisprudencia constitucional y Políticas Públicas aplicadas al Agua Subterránea en Costa Rica. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 69 pp.
- ARIAS, M. E., 2018: Manantiales. Proyecto ED-2873. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 72 pp.
- ARIAS, M. E., 2018: Estudio hidrogeológico para la determinación de 37 zonas de protección de las fuentes de abastecimiento público utilizadas por las ASADAS en el territorio Norte Norte, Costa Rica: Cantón Los Chiles. Informe Interno. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 48 pp + anexos.
- ARIAS, M. E., 2018: Estudio hidrogeológico para la determinación de 37 zonas de protección de las fuentes de abastecimiento público utilizadas por las ASADAS en el territorio Norte Norte, Costa Rica: Cantón Upala. Informe Interno. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 44 pp + anexos.
- ARIAS, M. E., 2018: Estudio hidrogeológico para la determinación de 37 zonas de protección de las fuentes de abastecimiento público utilizadas por las ASADAS en el territorio Norte Norte, Costa Rica: Cantón Guatuso. Informe Interno. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 45 pp + anexos.
- ARIAS, M.E., 2018: Aporte del proyecto “La Cultura de Agua”. Informe Interno. Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas, Universidad de Costa Rica, 10 pp + anexos.
- BARCELÓ, M., & INSTITUT D'ESTUDIS BALEÀRICS, 1986: Les Aigües cercades: Els qanat(s) de l'illa de Mallorca. Palma de Mallorca: Institut d'Estudis Baleàrics.
- BARRY, J. D., 2014: Diccionario Bíblico Lexham. Pozo de Jacob: Lexham Press.

- BENÍTEZ, L. Y MEJÍAS, M. 2014: Los primeros poblados prehistóricos en el entorno de Daimiel. Las motillas de La Mancha. En: M. Mejías (Ed.) Las Tablas y los Ojos del Guadiana: agua, paisaje y gente. Instituto Geológico y Minero de España, Organismo Autónomo Parques Nacionales. Madrid. 67-102 pp.
- CARLOTTO, V. Y USSELMAN, P., 1989: Informes sobre la misión francesa de cooperación en Machupicchu: El marco físico de Machupicchu: Geología y Geomorfología de un sitio inca amenazado. Embajada de Francia, Lima, 18 p.
- CARLOTTO, V., CÁRDENAS, J., ROMERO, D., VALDIVIA, W. Y TINTAYA, D., 1999: Geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machu Picchu. Carta Geológica Nacional INGEMMET, Boletín 127, Serie A. Lima, 319 p.
- CARLOTTO, V., CÁRDENAS, J., FIDEL, L., 2009: La geología, evolución geomorfológica y geodinámica externa de la ciudad inca de Machu Pichu, Cusco-Perú. Rev. Asoc. Geol. Argent. V.65, N.4, Buenos Aires.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, 2009: Semblanza Histórica del Agua en México. CONAGUA, 82 p.
- CHAD F.E., 1995: Beyond the Basilica: Christians and Muslims in Nazareth. University of Chicago Press. 81 p.
- DE LA TORRE, C., & BURGAL, M., 1986: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia, presente y futuro. Consejo nacional de ciencia y tecnología. Lima. 379 p.
- DÍAZ, J. & FREIRE, B., 2008: Manejo del recurso hídrico en culturas precolombinas. Rev. EIDENAR, N. 7.
- FASQUELLE, R. & VELIZ, V. 2010: Manual de los Monumentos de Copan, Honduras. Asociación Copán, 102 p.
- GAY C., 1973: Agricultura Chilena. Vol. I. ICIRA, Instituto de Capacitación e Investigación en Reforma Agraria, 1ª Reedición del Original. 482 p.
- GONZALEZ, R., 2008: El Corán, edición comentada. Centro de Traducciones del Sagrado Corán, Irán, 686 pp.
- HARRY M. J., 2006: Nazareth Excavations: A GPR Perspective. Drew University, NJ. Archived from the original (PDF) on September 8.
- HABERMEHL, M., 1996: Groundwater movement and hydrochemistry of the Great Artesian Basin Australia. In: Mesozoic geology of the eastern Australia Plate conference. Geol Soc Austr Extended Abstr 43: 228–236.
- HABERMEHL, M., 1996: Great Artesian Basin. In: Managing Australia's inland waters – roles for science and technology. Prime Minister's Science and Engineering Council (PMSEC), Canberra, Australia.
- HABERMEHL, M., 1998: Excursion notes – International Association of Hydrogeologists (IAH) Commission on Mineral and Thermal Waters (CMTW) Meeting, Ballarat, Victoria, 25–29 September 1998.

- HERCUS, L., & SUTTON, P., 1985: The assessment of aboriginal cultural significance of Mound Springs in South Australia. Prepared by L. Hercus and P. Sutton in association with Kinhill Stearns for the Olympic Dam Project.
- HILLIER, J., 1996: The Great Artesian Basin – management of water resources after 100 years of development. In: Mesozoic geology of the eastern Australia Plate conference. Geol Soc Austr Extended Abstr 43: 251–255
- HOLLIS, C., 1969: Holy Places: Jewish, Christian, and Muslim Monuments in the Holy Land. New York: Praeger. 134 p.
- HOERTH, A., 2005: Bible Archaeology: An Exploration of the History and Culture of Early Civilizations. Grand Rapids. 177 p.
- IGME, 1982: Mapa hidrogeológico de Madrid, escala 1: 200 000.
- INGIMMET, MINCETUR, AECI, 2005: Baños del Inca en Cajamarca: aguas termales para el nuevo milenio. Punto Impreso, Lima, 50 p.
- JOLEAUD, L., 1934: Gravures rupestres et rites de l'eau en Afrique du Nord: II. Rôle de l'éléphant dans la magie préhistorique et dans les légendes populaires historiques de la Berbérie, Journal de la Société des Africanistes, tome 4, fascicule 2: 285-302.
- KOUTSOYIANNIS, D.; ANGELAKIS, A.N., 2003: Hydrologic and hydraulic science and technology in ancient Greece. The Encyclopedia of Water Science, 415-417, Dekker, New York.
- LA GACETA, 1942: Ley de Aguas 276. Publicado en La Gaceta N. 190 del 2 de agosto.
- LA GACETA, 2002: Reglamento de Perforación y Explotación de Aguas Subterráneas DE-30387-MINAE-MAG, Publicado en La Gaceta N. 104 del 31 de mayo.
- LA GACETA, 2010: Reglamento de Perforación del Subsuelo para la Exploración y Aprovechamiento de Aguas Subterráneas DE-35884-MINAET, Publicado en La Gaceta N. 3 del 4 de enero.
- LA GACETA, 2010: Reglamento de registro de pozo sin número y habilitar el trámite de concesión de agua subterráneas DE-35882-MINAET, Publicado en La Gaceta N. 88 del 7 de mayo.
- LAI, E., SUNDARAM, B., EVANS, R., RAMSLEY, T & EVANS, T. 2016: Summary of the Great Artesian Basin Research Priorities Workshop. Geoscience Australia. Canberra, 46 p.
- LIGHTFOOT, D. R., 2005: The Origin and Diffusion of Qanats in Arabia: New Evidence from the northern and southern Peninsula, Geographical Journal (Royal Geographical Society, UK), vol. 166, Issue 3, 215-226.
- LÓPEZ-CAMACHO, B., BASCONES, M. Y DE BUSTAMANTE, I., 1986: El agua subterránea de Madrid. Bol. Inf. y Est. del SGOP, 46, 1-128.
- LUO, Ch., 2006: La historia de Confucio. Prana, México, 196 p.

- MARCUS, Y. & CHARLES, S. 2006: Agricultural Strategies. Institute of Archaeology. Univ of California. Costsen Advanced Seminar. Los Ángeles, 260 p.
- MONROY, E. & BEDDOW, P., 2015: Hydrogeothermal convective circulation model for the formation of the Chicxulub ring of cenotes in Yucatan Peninsula, México. AGU: fall meeting. San Francisco.
- NATIONAL WATER COMMISSION, AUSTRALIAN GOVERNMENT: 2014: A review of Indigenous involvement in water planning 2013. Canberra, 37 p.
- PAVÓN B., 1990: Tratado de Arquitectura Hispano-musulmana. I. Agua. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 562 p.
- PEÑA, J. M., 2010: Sistemas Romanos de Abastecimiento de Agua.- V Congreso de las Obras Públicas Romanas: Terrenos y construcciones en la Ingeniería Romana. España, 462 p.
- PUCHE, R. 1996: Historia de la hidrogeología y de los sondeos de agua en España y en el Mundo, desde sus orígenes hasta finales del S. XIX. Bol. Geol y Minero. Vol. 107-2, 180-200.
- PUGA, N., 1956: Baños del Inca y tratamiento del cáncer. Diario el Comercio, 27 de junio, Lima.
- REVILLA, F., 1990: Diccionario de Iconografía. Madrid: Ediciones Cátedra. 305 p.
- RIBEIRO, L., 2010: El agua en las civilizaciones Incas y pre-incas: Mitos, ciencia y tecnología. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CVRM, 530-539.
- SAÉNZ, S., 2013: Solón el legislador. Trabajo Final de Graduación en Geografía e Historia. Universidad de la Rioja. 50 p.
- SIERRA, L. & SCARBOROUGH, V., 2013: Control del agua por los antiguos Mayas: El sistema hidráulico de la ciudad de Tikal. Contributions in New World Archaeology 5, 39-56.
- SOLANA, J. 2009: El agua como el primer principio: Las razones de Tales de Mileto. Convivium 22: 5-24, Barcelona.
- TONOS, 2005: Antología de literatura tradicional China: fábulas antiguas, cuentos populares y relatos tradicionales. Revista electrónica de estudios filológicos. N. 10.
- TRILLO S.J., 2004: Agua, Tierra y Hombres en Al-Andalus, la dimensión agrícola del mundo Nazarí. AJBAR, Granada, 320 p.
- VARGAS, A., 2001: El manejo histórico de los recursos hídricos en Costa Rica, con énfasis en el periodo indígena y en los S. XVI, XVII, XVIII y XIX. Anuarios de Estudios Centroamericanos 27 (1): 59-81.
- VÁZQUEZ, A., 2006: Grecia, un universo de agua. Rev. Tecnología del Agua, Madrid, 92-103.

- VERNET, J., 1970: Al Karayi: Ingeniero árabe del S. XI. En *Al-Andalus: Revista de las Escuelas de Estudio Árabes de Madrid y Granada*. V. 35, N. 1, 69-92.
- VIOLLET, P.L. 2005: *L'hydraulique dans les civilisations anciennes. 5000 ans d'histoire*. Presses de l'École Nationale des Ponts et Chaussées. Paris, 374 p.
- VITRUVIO, M., 2009: *Los diez libros de Arquitectura*. Con prólogo de D. Rodríguez, "Vitruvio y la piel del clasicismo". Editorial Alianza, Madrid, 11-51.
- WEST, M., 1979: Early water table farming on the north coast of Peru. *American Antiquity*. Vol. 44, 138-144.
- WRIGHT, K., & GORDON F., 2006: *Tipón: Water Engineering Masterpiece of the Inca Empire*. Reston, Va: American Society of Civil Engineers.
- WRIGHT K., & ZAGARRA A., 2000: *Machu Picchu, Maravilla de la Ingeniería Civil*, ASCE press 128 p.
- YARDENNA A., 2006: *Excavations at Mary's Well, Nazareth*. Israeli Antiquities Authority.
- YÉLAMOS, J., & VILLARROYA, F., 2007: El acuífero terciario detrítico de Madrid: pasado, posibilidades actuales y retos pendientes. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (15-33), 317-324.

Recursos en línea:

- <https://www.estadonacion.or.cr/estadisticas-index#ambiental>, visitada el 14 de febrero 2019.
- <http://www.da.go.cr/historia-del-recurso-hidrico/>, visitada el 13 de febrero 2019.
- <http://www.da.go.cr/mapnew.php>, visitada el 13 de febrero 2019.
- http://www.nwc.gov.au/publications?result_24055_result_page=2, visitada el 12 de febrero 2019.
- <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/water/groundwater/gab>, visitada el 12 de febrero 2019.
- <http://www.abc.net.au/science/articles/2012/04/04/3470245.htm>, visitada el 12 de febrero 2019.
- <http://gabcc.org.au/?tbl=tblContentItem&id=96>, visitada el 12 de febrero 2019.
- <http://www.nrw.qld.gov.au/water/gab/>, visitada el 12 de febrero 2019.
- <https://web.archive.org/web/20060928013554/http://www.atse.org.au/index.php?sectionid=613>, visitada el 12 de febrero 2019.
- <http://www.environment.gov.au/resource/water-down-under-great-artesian-basin-story>, visitada el 12 de febrero 2019.

https://elpais.com/elpais/2016/04/29/media/1461950274_239657.html, visitada el 11 de febrero 2019.

<https://www.quo.es/naturaleza/a9143/es-cierto-que-los-elefantes-detectan-el-agua-a-distancia/>, visitada el 11 de febrero 2019.

<http://source-poetique-izeenne-georgette-louvel-gouret.over-blog.com/2014/09/le-vieil-elephant-sait-ou-trouver-de-l-eau.html>, visitada el 11 de febrero 2019

<http://www.linternaute.com/proverbe/3339/le-vieil-elephant-sait-ou-trouver-de-l-eau/>, visitada el 11 de febrero 2019

<https://pueblosoriginarios.com/meso/maya/sitios/copan.html>, visitada el 9 de febrero 2019.

<https://sites.northwestern.edu/monroyrios/anillo-de-cenotes/>, visitada el 8 de febrero 2019.

<https://www.joya.life/blog/cenotes-pozos-sagrados-mayas/>, visitada el 8 de febrero 2019.

<http://caves.org/project/qrss/qrssesp.htm>, visitada el 8 de febrero 2019.

<https://books.google.co.cr/books?id=qY4TAQAIAAJ&q=inauthor:%22Jos%C3%A9+Manuel+Villena+Vargas%22&dq=inauthor:%22Jos%C3%A9+Manuel+Villena+Vargas%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwirzYyi3azgAhWluFkKHXYIDC4Q6AEIJzAA>, visitada el 8 de febrero 2019.

<https://www.boletomachupicchu.com/geologia-de-machu-picchu/>, visitada el 7 de febrero 2019.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222009000800013, visitada el 7 de febrero 2019.

http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVMedioAmbiente/dia_tierra/resumenes/CRONOLOGICO/02MARTES/ingemmet/resumen.doc, visitada el 7 febrero 2019.

<http://info.igme.es/cartografiadigital/tematica/atlashidrogeologicomadrid.aspx?language=es>, visitada el 6 de febrero 2019.

<http://elmadridmedieval.jmcastellanos.com/Historia/nombre.htm>, visitada el 5 de febrero 2019.

<http://www.museocomarcaldaimiel.es/>, visitada el 5 de febrero 2019.

<https://www.iagua.es/blogs/carlos-alamo/cultura-motillas-y-pozo-agua-mas-antiguo-espana-2200-ac-daimiel-mancha>, visitada el 5 de febrero 2019.

<https://www.escapadarural.com/blog/el-pozo-mas-antiguo-de-la-peninsula-tiene-4000-anos/>, visitada el 5 de febrero 2019.

<https://www.kewi.or.ke/> Kenia water institute, visitada el 4 de febrero 2019

https://whc.unesco.org/en/documents/?action=list&searchDocuments=qanat&meeting=&themes=&searchlanguage=&date_publication=&id_sites=&id_states=&id_keyword_s=&download_original=&index=1&maxrows=20, visitada el 4 de febrero 2019.

<http://muslimheritage.com/article/muhammad-al-karaji>, visitada el 1 de febrero del 2019.

<http://hidraulicadecanales.blogspot.com/2008/02/la-provision-de-agua-en-la-antigua.html>, visitada el 1 de febrero del 2019.

<https://www.um.es/tonosdigital/znum10/secciones/tri-fabulas.htm>, visitada el 1 de febrero del 2019.

<https://www.infobae.com/america/mundo/2018/02/06/hallados-los-pozos-mas-antiguos-de-la-civilizacion-china-con-9-000-anos/>, visitada el 1 de febrero del 2019.

<https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/historia-del-agua/el-agua-principio-de-todas-las-cosas-que-existen-tales-de-mileto/>, visitada el 1 de febrero del 2019.

<https://www.india.gov.in/official-website-archaeological-survey-india>, visitada el 31 de enero 2019.

<https://historicodigital.com/aqua-el-abastecimiento-de-agua-en-las-ciudades-romanas.html>, visitada el 31 de enero 2019.

<https://www.asturnatura.com/turismo/acueducto-romano-los-milagros-de-merida/4161.html>, visitada el 31 de enero 2019.

<https://psicologiyamente.com/reflexiones/proverbios-chinos>, visitada el 30 de enero 2019.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jacob%27s_Well_20th_century.jpg, visitada el 30 de enero 2019.

<http://mb-soft.com/believe/tshm/bibltime.htm> Cronología de la Biblia, visitada el 29 enero del 2019.

<https://www.wikicristiano.org/diccionario-biblico/significado/sitna/>, visitada el 24 enero 2019.

<https://www.sgs.org.sa/english/earth/pages/zamzam.aspx>, visitada el 22 de enero 2019

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?title=File:Miryam.jpg&oldid=141761033>, visitada el 20 de enero 2019.

<https://www.islamreligion.com/es/articles/3366/viewall/la-historia-de-moises-parte-1-de-12/>, visitada el 18 de enero 2019

https://www.edscuola.it/archivio/interlinea/el_islam.htm, visitada el 15 de enero 2019.

<http://eteacherhebrew.com/es/articles/el-pozo-de-mar%C3%ADa>, visitada el 3 diciembre 2018.

https://viajestic.atresmedia.com/destinos/pozo-mas-grande-mas-profundo-mas-curioso-mundo_2015030257ed4cc30cf2aa7f694edae0.html, visitada el 30 noviembre 2018.

<https://sigificadoyorigen.wordpress.com/2010/05/26/sacar-agua-de-las-piedras/>, visitada el 29 de noviembre 2018.

<https://www.infobae.com/america/mundo/2018/02/06/hallados-los-pozos-mas-antiguos-de-la-civilizacion-china-con-9-000-anos/>, visitada el 22 noviembre 2018.

<https://bible.knowing-jesus.com/Espa%C3%B1al/words/Pozo>, visitada el 15 noviembre 2018.

<http://revistaeidenar.univalle.edu.co/revista/ejemplares/7/j.htm>, visitada el 14 noviembre 2018.

Mario Enrique Arias Salguero

Es geólogo de formación, obtuvo su bachillerato y licenciatura en la Universidad de Costa Rica. Sus estudios de Posgrado los realizó en el Laboratorio de Geofísica Aplicada de la Universidad Pierre et Marie Curie, en París, Francia.

Su actividad profesional se ha enfocado en la temática de la Gestión del Recurso Hídrico, investigación Hidrogeológica, investigación en Geofísica de Prospección, Docencia y Administración Universitaria.

Es autor de varios artículos publicados a nivel nacional e internacional, así como gran cantidad de trabajos técnicos, resúmenes y presentaciones en congresos internacionales, cursos de capacitación impartidos por él y divulgación de sus investigaciones en los medios de comunicación nacional y ante diversas comunidades locales.

Trabajó en el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento y ha colaborado con varias investigaciones de instituciones públicas (Programa del Estado de la Nación, AyA, Dirección de Aguas del MINAE). De igual manera ha emitido criterios técnicos para el Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Contraloría General de la República, Defensoría de los Habitantes, Asamblea Legislativa, Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, Organismo de Investigación Judicial, Consejo Nacional de Rectores, Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Salud, Sala Constitucional, Municipalidades, Consejo Universitario y organizaciones comunales.

Fue coordinador a nivel regional del proyecto Red Centroamericana de Recursos Hídricos, además miembro directivo de Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo y fue el primer Secretario General del capítulo costarricense de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos. Colaboró además, con la puesta en marcha del Diplomado en Administración y Manejo del Recurso Hídrico, del Colegio Universitario de Alajuela, convirtiéndose en su primer director.

Desde hace más de 20 años, labora como docente - investigador en la Universidad de Costa Rica. Desde el año 2006 es el profesor titular del curso de Manejo de Recursos Hídricos correspondiente al nivel de Licenciatura de la carrera de Geología.

En su haber cuenta con 33 investigaciones científicas como profesor principal, 11 investigaciones como profesor asociado, así como varios proyectos de Acción Social. Sus más recientes estudios están relacionados con evaluaciones geofísicas e hidrogeológicas que contemplan modelos hidrogeológicos, determinación de la recarga, evaluación de la vulnerabilidad hidrogeológica y determinación de las zonas de protección de fuentes de agua en diferentes partes del país, apoyando así la toma de decisiones para la gestión adecuada de los recursos geológicos, del ordenamiento del territorio y del riesgo, además de promover el aprovechamiento sustentable de los georecursos.

En la Universidad, fue director del Programa de Posgrado Centroamericano en Geología y coordinador de la maestría en Manejo de Recursos Hídricos e Hidrogeología, desempeñó además; la subdirección de la Escuela Centroamericana de Geología y por dos periodos consecutivos fue el director del Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas.

“Qué bueno sería que el pozo estuviera al revés de modo que pudiera yo sacar un poco de agua para beber”

“Excava el pozo antes de que tengas sed”

“El trabajo del pensamiento se parece a la perforación de un pozo: el agua es turbia al principio, más luego se clarifica”

“El Señor Ding, al cavar un pozo en su patio, encontró a un hombre”

“Habiendo pozo común dentro de un hípico, usasen de él”

...Y cuando su pueblo le pidió agua, revelamos a Moisés: “Golpea con tu bastón la roca”. Y brotaron de ella doce fuentes. Cada uno supo de cuál debía beber...

“Fui sobre aguas edificada, mis muros de fuego son, ésta es mi insignia y mi blasón”

“Le vieil éléphant sait où trouver de l'eau”

“Un poco antes del amanecer se tumbará uno boca abajo exactamente en el sitio donde se requiere encontrar agua y, apoyando con fuerza el mentón sobre el suelo, se observará atentamente todo el contorno alrededor; manteniendo el mentón apoyado e inmóvil, la vista no se elevará más de lo que es preciso, sino que, con toda exactitud, irá demarcando una altura totalmente horizontal; entonces, en las zonas donde aparezcan vapores que ondean y se elevan hacia el aire, allí mismo se debe cavar, pues tales fenómenos de ninguna manera se producen en lugares sin agua”

“Y se echó al fondo del pozo grande, nombrado el Tragadero, una delas literas de oro del inca Athahualpa, para que nunca se pueda encontrar después”

“No hay tema más hermoso, ni arte más sutil y provechoso que la explotación de las aguas subterráneas. Ellas son las que hacen posible el cultivo del suelo y la vida de los habitantes”