

EL AGUA EN LAS CIVILIZACIONES INCA E PRÉ-INCAS MITO, CIÊNCIA Y TECNOLOGIA

Luís Ribeiro

CVRM, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

El hombre de hoy ha sustituido las viejas creencias y el conocimiento tradicional, por la fe en la ciencia y la tecnología, y en la mente de la gente una nueva creencia se llevó a cabo: la idea de progreso como un continuo aumento, de desarrollo y del bienestar.

Resumen

Se habla sobre el extraordinario talento científico y genio de estas civilizaciones, fruto de sus conocimientos en astronomía, geología, hidrología, geografía, ingeniería civil, hidráulica, economía, agronomía. Se habla sobre de algunas obras como los puquios de Nasca, el canal Cumbemayo, las terrazas de Moray y Pisac, los sistemas de riego de Tipón, los sistemas de drenaje de Machu Picchu de las observaciones astronómicas con espejos de agua o de imitación jaguar rugido a través del agua en la cultura Chavín y, finalmente, cómo todo este antiguo conocimiento puede ayudar a adaptarnos al cambio climático en los próximos tiempos.

1 Geografía y clima

La gran cordillera Andina es el corazón del Perú y de otras naciones occidentales en el sur de América. En los últimos tiempos geológicos, la corteza terrestre se ha plegado diastroficamente creando una cresta hacia Este y una fosa submarina hacia Oeste, de modo que en sólo unos 350 km la superficie se eleva un poco por debajo de 6000 m del nivel del mar hasta 7000 m por encima del mar en la zona este. En el lado oriental la superficie desciende abruptamente hasta casi el nivel del mar, y los ríos afluentes del Amazonas serpentean al largo de los 5000 kilómetros hasta el Atlántico. Los ríos que desembocan en el Pacífico son pequeños y poco importantes. Son 58 ríos alimentados casi exclusivamente por los enormes glaciares andinos

Desde el sur de Chile, paralela a la costa, hacia el norte, viene la gran corriente fría de Humboldt. Renovados por su viento húmedo que sopla hacia este deja la humedad en el mar, no dejando caer su lluvia en la costa. El sol brilla constantemente entre nubes difusas, pero en la temporada de invierno (de junio a noviembre) son frecuentes nieblas espesas. Las lluvias normales aumentan hacia el norte. El sur de Perú y el norte de Chile son de las regiones más áridas del planeta. En ciclos de siete años, una corriente de El Niño anula los efectos de la corriente fría de Perú provocando fuertes lluvias en la costa norte, a veces de carácter torrencial terriblemente destructivas para un país en que el padrón de toda la vida se basa en la falta de lluvias

Si bien otras civilizaciones se formaron en las orillas de los ríos como son los casos Egipto / Nilo, Mesopotamia / Tigre y Éufrates, China / Yangtzé, las culturas peruanas se desarrollaron en el oasis de los numerosos ríos de la costa, en el río Amazonas, a orillas del lago Titicaca. Con una longitud máxima de 208 km y anchura máxima de 66 km es el lago más alto del mundo. No existe sistema fluvial y el exceso de agua fluye hacia el Lago Poopó, Bolivia, y se evapora. Las aguas del lago Titicaca, tienen una función termo reguladora que absorbe la radiación solar durante el día, liberando-la por la noche, dando lugar a un clima ameno.

2 Historia y culturas

Las culturas peruanas prehispánicas más antiguas surgieron en los años 6000 a. C. en las regiones de la costa de Chilca y Paracas, y en las tierras altas en el Callejón de Huaylas. Durante los siguientes tres mil años, los pobladores cambiaron su estilo de vida nómada para cultivar la tierra. El cultivo de plantas como el maíz y algodón, luego llegarían a la domesticación de las llamas, vicuñas y alpacas. La primera cultura preincaica es la civilización de Caral, desarrollada en el año 3000 a.C., Luego se formaría la cultura Chavín en los años 900 a. C. Los pobladores Chavín desarrollaron una estructura estatal para el dominio de su territorio e incentivaron la revalorización y surgimiento de los Ayllus como fuerza laboral de producción. Los ingenieros Chavín fueron grandes constructores de templos ceremoniales monumentales y desarrollaron una cultura en el periodo denominado Horizonte Temprano La cultura Paracas surgió en la costa sur del Perú en los años 300 a.C. y es conocido mundialmente por su bellísima textilería hecha de fibra de vicuña. La cultura Moche y la cultura Nazca florecieron en los años 100 a.C. - 700 a. C. Los Moche se caracterizan por producir impresionantes obras de cerámica, mientras que los Nazca se caracterizaron por la belleza de los colores de sus cerámicas y las misteriosas Líneas de Nazca. Estas culturas costeras finalmente sucumbieron a culturas militares andinas y a los fenómenos climáticos (el Niño, inundaciones y sequías). Luego vendrían las culturas expansionistas y de síntesis como la cultura Huari y cultura Tiahuanaco, que ingresaron al interior de los Andes y se convirtieron en culturas predominantes de las regiones de los actuales Perú y Bolivia. Luego del descalabro de estas culturas expansionistas vendría un periodo de desarrollo regional (Periodo Intermedio Tardío) de reinos autónomos como los Chimú, los Chancay, los Chachapoyas, los Lambayeque. Estas culturas avanzaron mucho en las técnicas de agricultura, metalurgia, artesanía, etc., y fueron antesala del grandioso Imperio Inca, que recogerá los aportes de las diferentes culturas anteriores a ellos y desarrollará una síntesis cultural andina.

3 Mito y religión

El complejo religioso abarca los sentimientos y conceptos de la relación entre el hombre, la naturaleza y las fuerzas misteriosas. En el hombre primitivo se manifiestan diferentes conceptos religiosos que sobreviven hasta el presente. Estos conceptos son el resultado del terror cósmico que sorprende al hombre débil, fallo de defensas y de experiencia en un ambiente hostil y misterioso. Entre estos conceptos esta el animismo y la magia. Uno de los ejemplos que todavía existe en los pueblos andinos son los apachitas: grupos de piedras colocadas en un lugar alto donde el viajero observa un nuevo horizonte, conjurando ahí su fatiga echando en torno a su cansancio después del viaje a las altas montañas Los mitos son las fuerzas sociales que dotan a los individuos a la misma idea, la misma concepción del mundo y las cosas que los rodean. A través de mitos, una sociedad establece sus ideales, esperanzas y dibuja sus líneas de acción, lo que garantiza una identidad cultural. Los mitos reflejan los sueños, miedos, esperanzas, frustraciones. Son formas específicas de entender el mundo, de afirmar el compromiso con el grupo al que pertenecemos y también construir nuestro sueño colectivo. Desde los primeros tiempos que el hombre ha impreso su huella, ha manifestado su percepción sobre el elemento agua en símbolos, como la forma en espiral, que está relacionada con la fertilidad del agua, donde el comienzo de la vida y crece de forma circular como un vórtice, implicando todo el elemento en su camino. Estos petroglifos representan la relación entre el hombre y el agua y su cosmovisión de la naturaleza. Las líneas Nazca reflejan el papel central representado por la lluvia y la fertilidad en la religión Hay muchos relatos orales antiguos sobre divinidades asociadas al elemento agua. Dioses como

Kon el antiguo dios costeño adorado como creador del mundo por importantes reinos como Paracas y Nazca que lo representaban en finos tejidos y bellos huacos policromados. Era un dios eminentemente volador, no tenía huesos, era veloz y ligero y podía acortar distancias a su antojo. En sus imágenes más conocidas se le puede ver volando, con máscaras felinas, pies replegados y portando un báculo, alimentos y cabezas trofeo

Figura 3.1 – El dios Kon



Cuenta un mito que Kon, en los tiempos más remotos, pobló la tierra de seres humanos y los colmó de abundante agua y frutos; pero sus criaturas olvidaron pronto las ofrendas que le debían al padre creador. Kon los castigó quitándoles la lluvia y transformando las fértiles tierras en los inmensos desiertos costeros. Kon sólo dejó algunos ríos para que con mucho esfuerzo y trabajo los humanos puedan subsistir. Y otros como Mamacocha, diosa del mar, de las aguas y de las lagunas, o Pachacamac, creador y animador de todo lo existente, o de Wiracocha el creador divino de toda la cosmovisión andina que viene del lago Titicaca y que creó los cielos y la tierra, y que habría desaparecido en el mar, pero que regresaría un día.

El cielo no era extraño para el ojo atento de los antiguos pueblos andinos. Ellos identificaron el movimiento aparente del sol, los ciclos lunares, las estrellas. Basándose en estas observaciones pudieran establecer una relación sincrónica entre las estrellas, los tiempos de siembra, cosecha y otras actividades agrícolas.

De gran importancia es la observación de la Vía Láctea. Este cuerpo celeste fue nombrado por Mayu que significa en quechua río celeste. Los solsticios de Mayu coinciden con las estaciones seca y húmeda y el río celeste también se utilizó para predecir el ciclo del agua. Este río fluye, fertilizando la tierra, que pronto se une a los profundos abismos del mar, se proyecta en el cielo como un río de estrellas para completar el ciclo sagrado. Es interesante notar que esta correspondencia entre los ríos y las estrellas es común en otras civilizaciones como el río Tigris / la estrella Anumut, o del río Éufrates / la estrella Golondrina.

Los pueblos costeros adoraban la luna y ya sabían su influencia sobre las mareas. La luna, la estrella de la noche, significaba el enfriamiento que impide que los ríos se sequen en las costas llenas de sol. Los espejos de agua, objetos líticos que llenos de agua servían para la

observación astronómica (proyecciones de la luna y las constelaciones) son otro ejemplo de la importancia que estos pueblos dieron a la observación de los cielos.

4 Canales, terrazas y puquios

Con respecto a la hidráulica los pueblos pre-inca e inca realizan casi todo tipo de obras; embalses, represas, canalización de ríos, obras de protección de arroyos, desviación de aguas, acequias, acueductos, canales de riego y de abastecimiento público. Canales y acequias se encuentran entre las obras de ingeniería más notables, como es el canal de Cumbemayo, cerca de la ciudad de Cajamarca. Esta admirable obra de ingeniería hidráulica es un notable testimonio de destreza singular que desplegó el antiguo hombre Cajamarquino. Este canal abierto fue labrado sobre la roca viva y finamente decorado con enigmáticos petroglifos. Esta sorprendente obra de la ingeniería hidráulica, de 9 km. de longitud, fue construida durante el periodo preincaico. Muchos de sus tramos, labrados en la misma roca, poseen entre 35 y 50 cm. de ancho, y de 30 a 65 cm. de profundidad. Además se utilizaron grecas y ángulos rectos túneles y codos en zigzag con el fin de disminuir la velocidad de las aguas y, a la vez, evitar la erosión del terreno. Su finalidad era de derivar y aprovechar las aguas que fluyen a la vertiente del Pacífico hacia el Atlántico.

Figura 4.1 – El canal Cumbemayo



Gracias a la notable construcción de canales fue posible transformar las desérticas regiones del litoral en campos de cultivo, ganar suelo para el cultivo en la sierra, defender los cultivos contra la sequía.

Los pre-incas son hidráulicos por instinto. Conducen por derivación el agua a través de las montañas, de modo que parecería que las suben, hacen sus nivelaciones a la simple vista entre los puntos extremos dando a la acequia la inclinación correspondiente; miden con el pie el volumen cúbico del agua que corre, y calculan con precisión la cantidad de agua que sale por una toma en un espacio de tiempo.

Las terrazas agrícolas son superficies de cultivo niveladas en las pendientes con muros de contención y retención normalmente de piedra. Pueden tener una capa de cascajo debajo, o

dentro, o detrás del muro para facilitar el drenaje y oxigenación. Las finalidades de las terrazas eran concretas: frenar la erosión, ampliar la frontera agrícola, retener la humedad y formar microclimas.

Figura 4.2 - Las terrazas de Pisac



¿Qué sucede con el agua que llega a las terrazas? En primer lugar y por sus planos a nivel, el agua que corre queda estancada sobre la superficie del suelo, dando así lugar a una máxima infiltración. Por otro lado, esta infiltración lleva las partículas finas hacia las partes bajas, dejando en la superficie un suelo de textura más gruesa, que favorece una pronta infiltración, y reduce al mínimo las pérdidas de evaporación.

Los camellones son surcos artificialmente elevados trasladando y amontonando tierra por encima de la superficie natural, con el objetivo de proporcionar mejores condiciones de labranza. La función principal era de facilitar el drenaje durante las lluvias torrenciales e inundaciones permitiendo a los campesinos de las alturas crear microclimas adecuados para la agricultura.

En la costa el hombre tuvo que dominar al agua, luchando contra su exceso en ocasiones y contra su ausencia en otras. De entre las obras hidráulicas más espectaculares están los puquios. Un puquio es una galería horizontal subterránea que conecta el punto de una superficie con el agua subterránea. El agua fluye a través de ella y descarga en un pequeño embalse (cocha) o directamente en los canales de riego, y también en muchos casos, es un suministro de agua potable para el consumo humano. Espaciadas a lo largo de la galería hay salidas o más comúnmente llamados ojos. Estos se conectan a la superficie de la tierra con la galería para proporcionar un medio de acceso a las galerías para limpieza. Estas estructuras han surgido en respuesta a un largo período de sequía en la región alrededor del año 560 d.C.

Figura 4.3 – Puquio con sus ojos e cocha



Algunos investigadores incluso sugieren que parte de las líneas de Nazca coincide con el diseño de los puquios.

Así fue como mediante prácticas artificiales, transformaron al sistema natural con el deseo de extraer el máximo provecho a corto plazo. Para asegurar el abastecimiento alimentario hacían uso de canales de riego, abonos, drenajes, rotación de cultivos y descanso de suelos, que contribuían a conservar las parcelas en forma excelente.

5 Tipón

Es una de las más altas expresiones del culto de los incas a la naturaleza y la demostración completa de su uso racional con el máximo aprovechamiento Tipón se encuentra a 21 km de Cuzco y es un lugar de 200 hectáreas que sirvió como el hogar de la nobleza inca. Consta de 12 terrazas agrícolas con áreas que van desde 1200 hasta 4500 m². En la parte superior existe un manantial que brota de la piedra caliza que subyace a la andesita. El flujo del manantial es de 1.070 L/min. El agua tiene una alta dureza. Está en un lugar ideal para proporcionar agua de riego por gravedad. Hay otra fuente de agua superficial que complementa la oferta.

Los incas, como hijos del sol, sabían que podían almacenar la energía solar en los muros de contención para disipar el calor durante las noches frías, evitando el efecto de las heladas en los cultivos. Hay 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. Ellos se mantienen en pie lo que significa que los incas fueron destacados ingenieros en obras geotécnicas.

Los sistemas de canal fueron capaces de proporcionar el agua suficiente para todas las terrazas. Los ingenieros los construirán con la flexibilidad necesaria para distribuir el agua a través de ellos. Para lograr este objetivo ha sido necesario que las características hidráulicas estén bien equilibradas, que cada canal esté dimensionado para una amplia variedad de descargas controlando los flujos sub-críticos y super-críticos. Al observar el flujo del agua en las estructuras de caída hay una sensación de armonía. La aceleración controlada y baja que fluye sobre el terreno demuestra el dominio que los Incas tenían de la tierra y el agua y también su capacidad para crear poesía hidráulica (Wright, 2006).

Figura 5.1 – Tipón



6 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. La construcción comenzó en el año 1450, sufrió un incendio en 1562 y fue finalmente abandonado 10 años después.

El lugar se halla situado en la Cordillera Oriental sobre un área de 40 km². Las características geológicas más importantes del sitio son las numerosas fallas y la abundancia de fracturas en las rocas graníticas. Las dos fallas principales llamadas Huayna Picchu y Machu Picchu 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 en el lugar del arroyo. Proveyendo así al pueblo de una eterna fuente de agua.

El lugar está rodeado en tres de sus lados por el veloz y ruidoso río Urubamba. El sector urbano cubre 8,5 ha y contiene 172 edificaciones. Estas áreas, residencial y de templos, estuvieron interconectadas por medio de escaleras de granito y senderos, muchos de los cuales son también rutas para los canales de drenaje. La infraestructura de drenaje de Machu Picchu y sus características especiales contienen el secreto de su perdurabilidad. Sin un buen drenaje no habría quedado mucho del palacio real del emperador Pachacuti. Las edificaciones se habrían desplomado y muchas de las terrazas se habrían derrumbado por las fuertes lluvias, las cuestas empinadas y los suelos resbalarían

Los ingenieros incaicos dieron una gran prioridad al drenaje superficial y subterráneo de Machu Picchu durante su diseño y construcción. En las obras invisibles de infraestructuras los incas dedicaran 60% del esfuerzo incaico de construcción.

Son 10 las componentes principales de su sistema de drenaje ((Wright e Zagarra, 2000):

- 1 Drenaje principal centralizado que separaba el sector agrícola del urbano
- 2 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.
- 3 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.
- 4 Administración y control de drenaje de agua domestica no utilizada.
- 5 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 par los techos de paja.
- 6 Canales de drenaje urbanos y agrícolas combinados con escaleras, senderos o interiores de templos.
- 7 Profundos estratos de fragmentos de roca y piedras bajo las plazas para hacer posible que la plaza reciba e infiltre la es correnencia de áreas tributarias.
- 8 Un bien concebido y estratégicamente localizado 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.
- 9 Cuevas subterráneas con un flujo relativamente libre del agua bajo tierra a través de depósitos permeables naturales de granito descompuesto y rocas.
- 10 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.

Figura 6.1 – Machu Picchu



7 Conclusiones

El hombre de hoy ha sustituido las viejas creencias y el conocimiento tradicional, por la fe en la ciencia y la tecnología, y en la mente de la gente una nueva creencia se llevó a cabo: la idea de progreso como un continuo aumento, de desarrollo y del bienestar.

Mucho habría que decir sobre el talento de estas culturas. Por ejemplo: la reproducción de el rugido del jaguar haciendo pasar agua a través de tubos construidos por los sacerdotes de Chavín en sus templos o, la técnica de corte de piedra llenando de agua las fracturas y esperando que congele y fragmente en bloques de forma geométrica en la ciudad de Ollantaytambo.

Para el hombre andino todo lo que existe se constituye en una unidad, que está formada por las estrellas, el sol, la luna, los seres humanos, los árboles, los animales, las montañas, los ríos, las rocas, etc. ...Todos estos elementos tienen vida y establecen una relación constante y permanente. Así para mantener una armonía en la relación del hombre con la naturaleza, era necesario un constante dialogo entre todos los elementos de la naturaleza y el hombre.

El fundamento de ese dialogo era la reciprocidad. Si yo quiero que la naturaleza se porte bien conmigo, yo debo portarme bien con la naturaleza. Si falto este deber primero, la naturaleza se rebelaría contra mí y vendrá por consiguiente todo tipo de catástrofes y desgracias. Este pensamiento resume la cosmovisión de la cultura andina. Resulta obvio que se trata del pensamiento más ecologista que jamás desarrolló cultura alguna hasta la fecha. La cultura

andina en general y la incaica en particular desarrolló el concepto cultural de la obligación del hombre en mantener y proteger a la naturaleza. Para ello era necesario mantener la reciprocidad entre ambos. Las comunidades precolombinas desarrollaron ingeniosas medidas de adaptación para satisfacer sus necesidades.

Hoy día el problema persiste: la necesidad de lograr un equilibrio sostenible entre la disponibilidad y la demanda de agua.

En estos tiempos de las amenazas de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos del planeta, en que uno de los ejemplos es la reducción acelerada del volumen de agua contenida en los glaciares de los Andes, sería muy útil volver a examinar estas medidas de adaptación implementadas por nuestros antepasados y los aplicar hoy en día en un nuevo contexto científico y tecnológico

Referencias

Wright K.R. e Zagarra A.F (2000): Machu Picchu, Maravilla de la Ingeniería Civil, ASCE press 128p, ISBN 0-7844-0444-5.

Wright K.R.(2006): Tipón, Obra Maestra de la Ingeniería Hidráulica del Imperio de los Incas I, ASCE press 155p., ISBN 978-9972-9775-3-4.