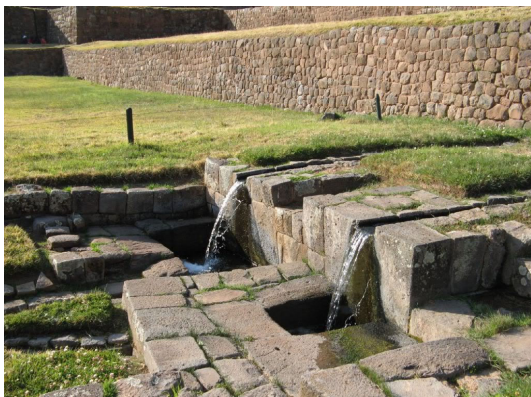
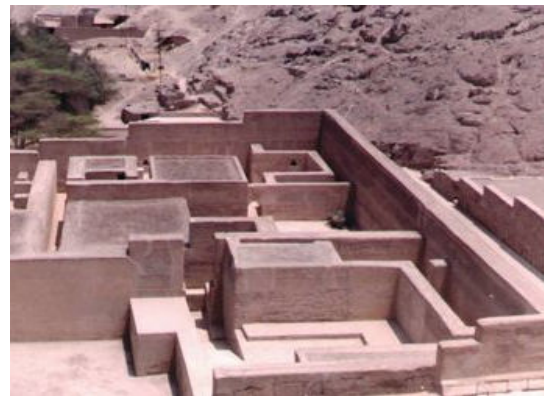




## GESTION DE RECURSOS HIDRICOS



### Modulo N°.3: La Gestión del Agua en el Perú Precolonial.



Module 3. Gestión del Agua en el Perú  
Precolonial.

Teaching Module developed within the  
research project LiWa. Sustainable  
Water and Wastewater Management in  
Urban Growth Centres Coping with  
Climate Change – Concepts for  
Metropolitan Lima (Perú).

Funded by the German Federal Ministry  
of Education and Research (BMBF).

Authors:

Ada Arancibia Samaniego, Jenny  
Carpio Mansen.

Universidad Nacional de Ingeniería.  
Facultad de Ingeniería Civil.

August 2010.

## Contenido

<b>1</b>	<b>CONCEPTOS BÁSICOS DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS .....</b>	<b>1-1</b>
<b>1.1</b>	<b>Naturaleza del Agua .....</b>	<b>1-1</b>
1.1.1	Propiedades Físicas .....	1-1
1.1.2	Propiedades Químicas .....	1-2
1.1.3	Propiedades Biológicas .....	1-3
<b>1.2</b>	<b>Ciclo Hidrológico y Balance hídrico .....</b>	<b>1-5</b>
1.2.1	El Ciclo hidrológico. ....	1-5
1.2.2	El Agua Superficial .....	1-7
1.2.3	El Agua Subterránea .....	1-7
1.2.4	Distribución de la Precipitación en agua superficial y subterránea (por región climática) .....	1-8
<b>1.3</b>	<b>Trabajo Realizado por el agua.....</b>	<b>1-10</b>
<b>2</b>	<b>LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL PERÚ.....</b>	<b>2-12</b>
<b>2.1</b>	<b>Naturaleza de los Recursos Hídricos en el Perú .....</b>	<b>2-12</b>
2.1.1	Factores del Clima en el Perú.....	2-12
2.1.2	Datos históricos de El Fenómeno “El Niño” .....	2-18
2.1.3	Situación de los Recursos Hídricos en el Perú .....	2-21
2.1.4	El caso de la ciudad de Lima .....	2-22
<b>2.2</b>	<b>Cambio Climático .....</b>	<b>2-24</b>
<b>3</b>	<b>TÉCNICAS DE MANEJO DE AGUA EN CULTURAS ANCESTRALES DEL PERÚ .....</b>	<b>3-25</b>
<b>3.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>3-25</b>
<b>3.2</b>	<b>Historia e Importancia del Sistema Hidráulico.....</b>	<b>3-26</b>
<b>3.3</b>	<b>Manejo de sistemas agrícolas en el Perú prehispánico.....</b>	<b>3-29</b>
3.3.1	Huachaques.....	3-29
3.3.2	Terrazas y bancadas (Andenes).....	3-30
3.3.3	Chacras hundidas o mahamaes .....	3-33
3.3.4	Las Q’ochas.....	3-33
3.3.5	Sistemas de canales.....	3-34
3.3.6	Acueductos Subterráneos de Nazca .....	3-37
3.3.7	El agroecosistema de waru waru .....	3-38

<b>3.4</b>	<b>El sistema de riego por gravedad. La construcción de los canales.....</b>	<b>3-40</b>
3.4.1	Criterios ideológicos para su construcción.....	3-40
3.4.2	Factores que habrían intervenido en la construcción de los canales.....	3-42
<b>3.5</b>	<b>Los canales prehispánicos.....</b>	<b>3-51</b>
<b>3.6</b>	<b>Características de los canales .....</b>	<b>3-61</b>
3.6.1	Ubicación y longitud.....	3-63
3.6.2	Curvas .....	3-64
3.6.3	Tipo de flujo .....	3-65
3.6.4	Pendiente de la rasante.....	3-65
3.6.5	Rugosidad.....	3-66
3.6.6	Estabilidad .....	3-66
3.6.7	Sobrecarga .....	3-67
3.6.8	Elementos del canal .....	3-67
<b>4</b>	<b>USO DEL AGUA EN LA LIMA PREHISPANICA .....</b>	<b>4-70</b>
<b>5</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>5-75</b>

## Lista de Figuras

Figura 1: Camino del Agua .....	1-5
Figura 2: Ciclo Hidrológico y actividades extractivas .....	1-6
Figura 3: Distribución del agua subterránea .....	1-8
Figura 4. Disponibilidad total del agua interna renovable per capita, por países.....	1-10
Figura 5. Factores del clima de Perú.....	2-14
Figura 6. Ejemplos de vulnerabilidad de los recursos de agua dulce y de su gestión; al fondo, un mapa de estrés hídrico .....	2-24
Figura 7. Vistas diferentes de las Terrazas y los Andenes .....	3-32
Figura 8. Vista de la Bocatoma de la Achirana, Ica .....	3-34
Figura 9. Canal de zanja. Pampa Lescano. Chicama.....	3-36
Figura 10. Sección transversal de un canal a nivel sin protección en el fondo. Canal Saltrapón. Mocupe .....	3-37
Figura 11. Galería filtrante o acueducto de Nazca. ....	3-38
Figura 12. Iconos de los Chimos .....	3-41
Figura 13. Mapa Descriptivo de la Ciudad de Lima y Puerto Callao.....	4-72
Figura 14. Ubicación de los Centros Importantes de la Lima de 1534, sobre la imagen satelital de la Lima actual .....	4-74

## Lista de Tablas

Tabla 1: Estimación del tiempo medio de residencia del agua en cada reservorio .....	1-7
Tabla 2. Distribución de la Precipitación en componentes superficiales y subsuperficiales (por región climática).....	1-9
Tabla 3: Relación de Meganiños (1532 – 2002) .....	2-20
Tabla 4: Recursos Hídricos en el Perú .....	2-21
Tabla 5. Oferta de agua y Población por vertiente, año 1993.....	2-21
Tabla 6. Población, disponibilidad y uso del agua por Región Natural del Perú .....	2-22
Tabla 7. Uso Consuntivo del Agua Superficial, 2001 - 2008.....	2-23

# **1 Conceptos Básicos de los Recursos Hidráulicos**

En este capítulo se desarrollarán los conceptos básicos de la Naturaleza de los recursos hídricos, como se distribuye en la naturaleza y su importancia en los ecosistemas.

## **1.1 Naturaleza del Agua**

El agua sobre el planeta Tierra se encuentra en estado sólido, líquido y gaseoso. Posee un doble efecto sobre la vida, con sus propiedades físicas en cuanto al medio en el cual los organismos se desarrollan, y sus propiedades químicas las cuales condicionan la vida. Entre algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que poseen gran importancia para el desarrollo de la vida, cabe destacar las siguientes:

### **1.1.1 Propiedades Físicas**

- Constante dieléctrica más alta entre los líquidos, lo que facilita las reacciones químicas necesarias para el desarrollo de la vida.
- Elevado calor específico, que atenúa la transferencia de calor amortiguando cambios bruscos de temperatura.
- Elevado calor latente de fusión, que dificulta la fusión del hielo, ya que se requiere una gran cantidad de energía para fundirlo.
- La gravedad específica del agua es 775 veces mayor que la del aire (a 0°C y a 760  $\mu\text{m}$  de Hg), lo cual permite que los organismos acuáticos requieran menos estructuras de soporte que los terrestres.
- El hecho que la densidad máxima del agua exista a una temperatura de 3,98°C (al nivel del mar), permite que la congelación comience desde la superficie del lago hacia el fondo. A presiones mayores, la temperatura de máxima densidad disminuye (1/10 por cada 10 atmósferas). En lagos

profundos se encuentran frecuentes temperaturas inferiores a 4°C, sin que se observe una estratificación estable.

- La viscosidad tiene gran importancia en determinar la velocidad de sedimentación de partículas suspendidas incluyendo el plancton. La viscosidad disminuye con incrementos de temperatura.
- La tensión superficial es muy elevada en las interfases agua-aire como en las interfases sólido-gas, constituyendo un biotopo particular (neuston).
- La elevada transparencia constituye un factor determinante por la transmisión de la radiación solar, que es en parte reflejada y absorbida dependiendo de la longitud de onda que la componen.
- El color del agua puede ser de relevancia en cuanto es indicador de la presencia de sustancias, partículas y organismos en cantidades elevadas.

### **1.1.2 Propiedades Químicas**

- El oxígeno disuelto ( $O_2$ ) presenta diferentes niveles de saturación en función de la temperatura, de la presión atmosférica y de la humedad del aire. A temperaturas bajas la solubilidad de oxígeno es mayor que a temperaturas elevadas.
- El balance entre el anhídrido carbónico y el bicarbonato, tiene la capacidad de regular el pH de una solución acuosa en torno a valores neutros (efecto tampón), siempre que haya una disponibilidad de bicarbonato en solución.
- El calcio y el magnesio, son componentes esenciales para las plantas. Además participan en el equilibrio carbonato-bicarbonato, que regula el pH.
- El sulfato presente en todas las aguas en pequeñas o grandes cantidades, está sujeto a fenómenos de reducción en aguas anóxicas o hipóxicas, dando origen a ácido sulfhídrico por actividad microbiana.



- La solubilidad en el agua del hierro y el manganeso es condicionada por los niveles de oxígeno disuelto, presentando concentraciones más elevadas en el agua en condiciones de anoxia o hipoxia.
- El fósforo y el nitrógeno, junto con el carbono e hidrógeno, son considerados los constituyentes más importantes de los organismos vivos. Por sus bajas concentraciones, el fósforo generalmente corresponde al factor limitante para la productividad acuática.
- Los silicatos son componentes esenciales de las diatomeas, y puede constituir un factor limitante para la productividad pelágica cuando sus concentraciones son bajas.
- El fósforo está presente en las aguas y sedimento lacustre en diversas formas: fosfato soluble como ortofosfato; fosfato ácido soluble preferentemente como fosfato férrico o de calcio; fosfato soluble orgánico (coloidal) como compuestos orgánicos que contienen fósforo; como fosfato orgánico particulado, asociado a materia orgánica presentes en suspensión.
- El nitrógeno se encuentra presente en las formas de nitrato, nitrito y amonio. El amonio es el principal producto de la descomposición de las proteínas animales y vegetales.
- Los sistemas acuáticos contienen sustancias orgánicas en suspensión y en solución, de origen autóctono o alóctono. También se encuentran formando parte de los sedimentos del fondo.

### **1.1.3 Propiedades Biológicas**

- La composición del agua contiene en solución y en suspensión sustancias inorgánicas que permiten en combinación con la energía solar, la producción de formas orgánicas organizadas vegetales, las que a su vez permite la presencia de formas orgánicas organizadas animales, estableciéndose así en los ecosistemas acuáticos las cadenas tróficas.

Esta producción orgánica está sujeta a procesos de degradación por organismos descomponedores, cuyo producto final es nuevamente la presencia en el agua, de sustancias inorgánicas.

Como seres humanos requerimos del agua para:

- Realizar la digestión y la expulsión de los alimentos. El agua ayuda el movimiento de los alimentos en el sistema digestivo y estimula los movimientos de los órganos para su digestión y expulsión.
- Expulsión de los residuos metabólicos a través de la orina. El metabolismo corporal produce toxinas, que para evitar su propio envenenamiento deben ser expulsadas, producto del metabolismo de las proteínas se produce urea, que es expulsada a través de la orina, el ser humano expulsa en promedio 30 gr de urea diluido en agua (orina).
- Regular la temperatura corporal. El organismo pierde agua a través de los poros por el proceso llamado transpiración, el que se incrementa con la actividad física o cuando hace calor. Al transpirar, el agua arrastra consigo el calor y disminuye el calor corporal. Normalmente se pierden de  $\frac{1}{2}$  litro a  $\frac{3}{4}$  litro al día, los deportistas llegan a perder de 2 a 3 litros en periodos menores a 2 horas. También se pierde agua a través de la respiración.
- Distribución del oxígeno y de los nutrientes a las células. El medio de distribución es la sangre, la cual está compuesta 90% de agua.
- Como lubricante. Los ojos necesitan estar constantemente húmedos, de lo contrario el rozamiento con los párpados lo dañan. Las articulaciones también requieren estar lubricadas, la lengua está constantemente húmeda, las mucosas necesitan agua.

## 1.2 Ciclo Hidrológico y Balance hídrico

El origen de los recursos hídricos es la lluvia o *precipitación P*. El agua de lluvia que cae sobre la superficie encuentra el primer punto de separación. Desde este punto parte del agua retorna directamente a la atmósfera, a este proceso se le llama *evaporación desde la interceptación I*. El agua de lluvia remanente se infiltra en el suelo hasta alcanzar su capacidad de infiltración, este proceso es llamado *infiltración F*. Si hay suficiente lluvia para exceder la Intercepción y la infiltración, entonces el agua excedente fluye sobre el suelo, proceso conocido como *escorrentía superficial Q<sub>s</sub>*.

La infiltración alcanza el suelo saturado, entonces aquí se produce el segundo punto de separación. Desde el suelo saturado, parte del agua regresa a la atmósfera a través de la *transpiración T*. Si el contenido de humedad del suelo esta por encima de su capacidad de campo (o si hay pasos preferenciales) parte de la humedad contenida en el suelo se percola hacia el agua subterránea. El proceso inverso a percolación es la *ascensión capilar*. La percolación alimenta y renueva el agua subterránea.

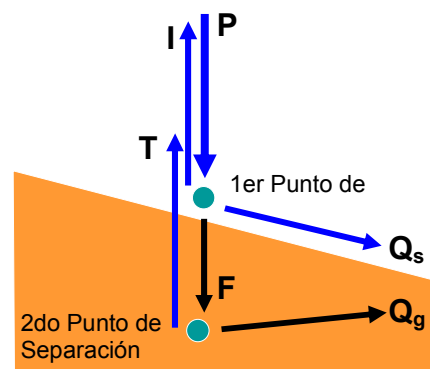


Figura 1. Camino del Agua<sup>1</sup>

### 1.2.1 El Ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico es la circulación del agua que se evapora desde el mar y desde la superficie terrestre, el agua es transportada a través de la atmósfera hacia la tierra y es regresada al mar por medio de la escorrentía superficial, sub superficial y por rutas atmosféricas. A pesar de ser llamado un ciclo, el proceso es mucho más complejo que un mero ciclo, y lo es aun mas si incluimos en el

---

<sup>1</sup> Elaboración Propia

clásico ciclo hidrológico las actividades extractivas del ser humano, como se muestra en el siguiente gráfico.

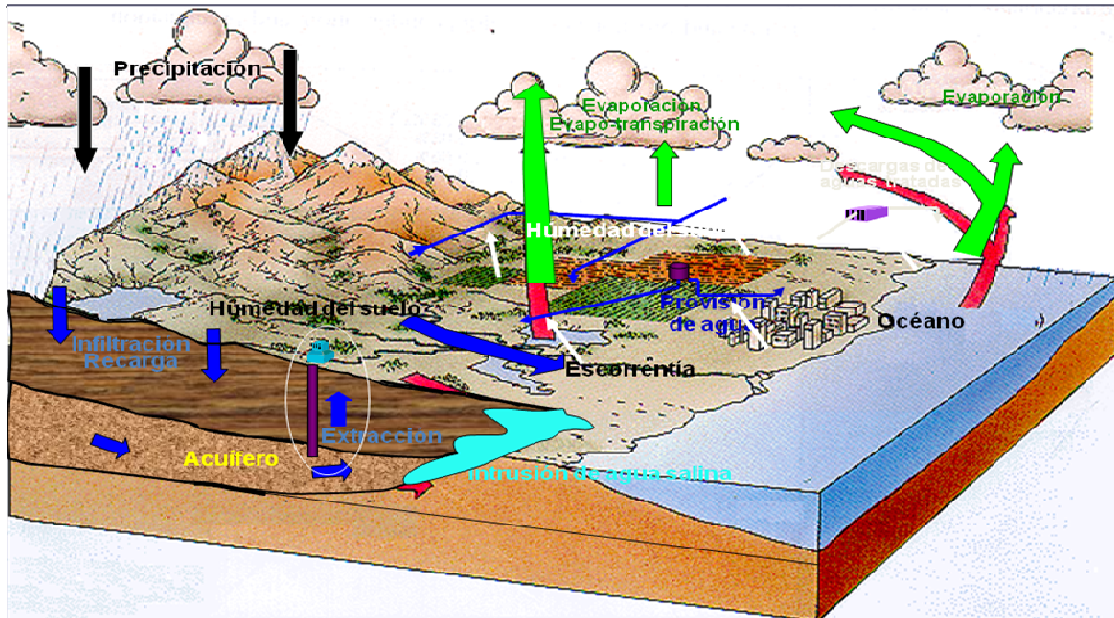


Figura 2. Ciclo Hidrológico y actividades extractivas<sup>2</sup>.

Así la gota de lluvia que cae a la superficie recorre un largo camino y dependiendo del camino que tome para retornar a su punto inicial de partida le demandará un tiempo, el que será la suma de los tiempos de residencia que haya pasado en cada uno de los reservorios.

La siguiente tabla nos muestra el tiempo de residencia estimados del agua en los diferentes reservorios a lo largo de su ciclo hidrológico.

<sup>2</sup> GWP, Latinoamérica. 2003.

Tabla 1. Estimación del tiempo medio de residencia del agua en cada reservorio<sup>3</sup>.

Reservorio	Volumen de agua asignado (km <sup>3</sup> x 10 <sup>6</sup> )	Tiempo de residencia
Océanos y mares	1,338	2,500 años
Hielo y nieve	24	10,000 años
Agua subterránea		
Dulce	10	Decenas a miles de años
Salada		
Agua superficial		
Lagos de agua dulce	0.091	17 años
Lagos salinos	0.085	150 años
Ríos	0.002	15-20 días
Humedad del suelo	0.07	2 semanas-1 año
Atmósfera	0.012	8-10 días
Biomasa	0.001	Algunas horas

Fuente: Modificado de Shiklomanov, 1997.

Así es como el agua llega a pasar mayor tiempo en uno u otro reservorio. Siendo la cantidad de agua dulce o fresca disponible para uso una cantidad muy pequeña y almacenada como agua subterránea y agua superficial.

El tiempo de residencia representa el tiempo de permanencia de una sustancia en la atmósfera, es decir, el tiempo que transcurre para que desaparezca totalmente por reacción o consumo de otro tipo.

### 1.2.2 El Agua Superficial

Conformado por los recursos hídricos visibles: como cursos de agua y cuerpos de agua almacenados sobre la superficie de la tierra entre ellos los ríos, canales, corrientes, estuarios (desembocaduras del río al mar), lagos, reservorios, estanques, piscinas, entre otros. Conforman menos del 0,01% del agua disponible.

### 1.2.3 El Agua Subterránea

Conformado por los recursos hídricos no siempre visibles, almacenados en el subsuelo. De acuerdo al tiempo que permanecen almacenadas y de su tiempo

<sup>3</sup> Parra Oscar y otros (2003)

de residencia básicamente se pueden clasificar en aguas subterránea fósil y agua subterránea renovable.

El agua subterránea fósil, es aquella agua con tiempo de residencia de orden de magnitud de los millones de años, considerada como una fuente mineral finita. Por lo general se trata de acuíferos confinados. El agua subterránea “renovable”, aquella agua que forma parte activa del ciclo hidrológico, con tiempo de residencia de orden de magnitud a escala humana.

El agua subterránea conforma aproximadamente el 0,76%

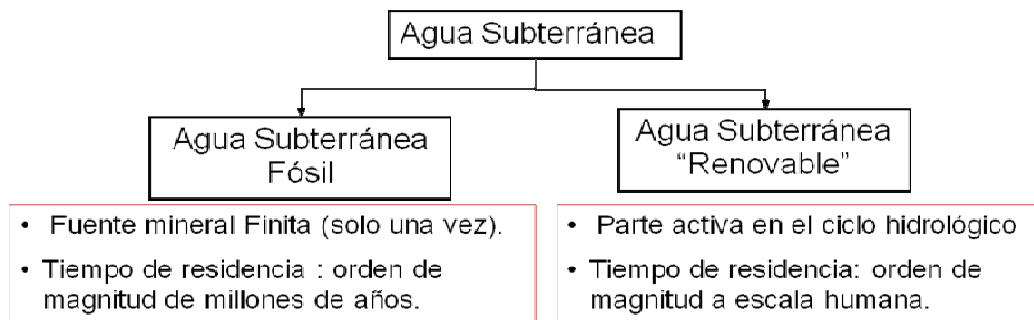


Figura 3. Distribución del agua subterránea<sup>4</sup>

#### 1.2.4 Distribución de la Precipitación en agua superficial y subterránea (por región climática)

Tanto el agua superficial como el agua subterránea tienen como fuente principal la precipitación, la misma que se distribuye en el planeta tierra de forma diferente y por región climática conforme al siguiente cuadro:

---

<sup>4</sup> Elaboración propia

Tabla 2. Distribución de la Precipitación en componentes superficiales y subsuperficiales (por región climática)<sup>5</sup>

	Temperate climate		Semi-arid climate		Arid climate	
	%	mm	%	mm	%	mm
Total precipitation	100	500-1,500	100	200-500	100	0-200
Evaporation/ Evapotranspiration	~ 33	160-500	~ 50	100-250	~ 70	0-140
Groundwater recharge	~ 33	160-500	~ 20	40-100	~ 1	0-2
Surface runoff	~ 33	160-500	~ 30	60-150	~ 29	0-60

Source: Hydrogeology Center, University Neuchâtel, 2003.

En el cuadro anterior se puede observar cómo se distribuye el agua precipitada como escorrentía superficial para formar parte del agua superficial y como se infiltra y forma parte del agua subterránea, además del porcentaje que es posible retorne a la atmósfera.

Así en las diferentes regiones del mundo, los recursos hídricos se distribuyen de forma similar, sin embargo el uso que se le da en las diferentes regiones varía dependiendo sobre todo de los usos que se les dé y de la cantidad de personas que pueblan estas regiones.

En la siguiente figura se muestra la Disponibilidad de agua total interna renovable per cápita, por países, es decir fracción de recursos hídricos del país generados por el país, elaborado para el programa mundial de Evaluación del agua, por el centro de investigación medio ambiental de la Universidad de Kassel, basado en la brecha del agua versión 2.1 D del 2002.

---

<sup>5</sup> Unesco, WWDR 1, 2006

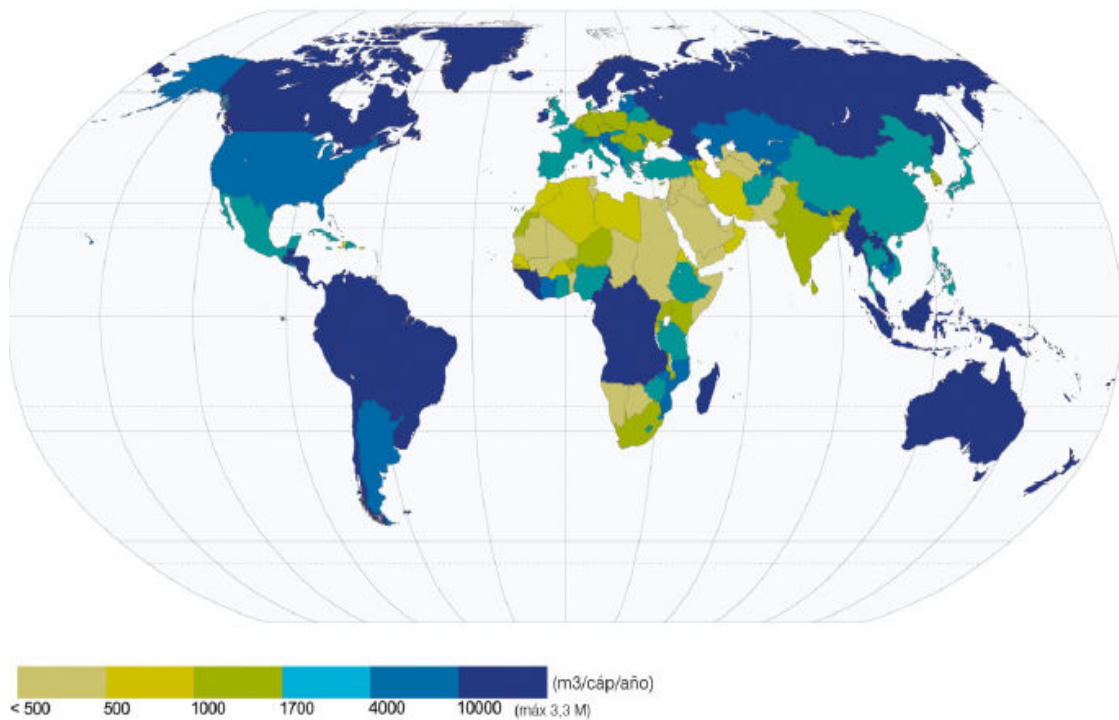


Figura 4. Disponibilidad total del agua interna renovable per capita, por países.<sup>6</sup>

### 1.3 Trabajo Realizado por el agua

El agua al precipitarse sobre la superficie de la tierra, empieza a labrar diferentes formas, pudiendo hacerlo en miles de años o en contados minutos.

Los ríos empiezan a formarse a partir de la escorrentía superficial que al juntarse los diferente hilos de agua forman corrientes de agua van lavando la superficie de la tierra y transportando poco a poco las partículas de suelo, que va formando una hendidura que a lo largo del tiempo se va profundizando y llega a formar el lecho del río, las partículas que ha transportado son luego depositadas aguas abajo en zonas con pendientes mas suaves o donde la velocidad del río ha disminuido. Así con los procesos de erosión y

---

<sup>6</sup> Unesco, WWDR 1, 2003.



sedimentación los ríos se van desarrollando y formando diferentes formas y paisajes.

El balance entre los procesos de erosión, transporte y sedimentación efectuados, dan lugar a las diferentes formas, tamaños y trazados que se observan. A estos procesos se le denomina morfología fluvial, una variable fundamental en estos es la velocidad del agua y la distribución de la tensión de arrastre asociada a la distribución de velocidades dentro del cauce de tal modo que la velocidad del agua varía en cada punto de la columna de agua, siendo mínima en las proximidades del perímetro del cauce y máxima hacia el centro de la sección. Asociada a una variación de la velocidad dentro de cada sección y a una variación de esta velocidad aguas abajo, está la presencia de flujos secundarios o trayectorias helicoidales de las líneas de corriente las cuales tienen un significado especial en el desarrollo de meandros y en la formación de rápidos y remansos de los tramos rectos.

Por lo general estos procesos se desarrollan en dos marcadas estaciones del año, cuando se inician las lluvias con procesos de crecientes en los ríos seguidos del estiaje, cuando cesan las lluvias. Sin embargo estos procesos pueden producirse de forma intempestiva, y pueden ocasionar daños al ser humano, estos procesos están asociados a desastres naturales asociados a fenómenos naturales excepcionales, como un alud luego de un sismo, o la presencia del fenómeno El Niño. Así los eventos asociados a la presencia del fenómeno El Niño en la Costa peruana y especialmente en la ciudad de Lima es el efecto de las lluvias intensas en la zona alta que arrastran los sedimentos acumulados en los años en que no hay presencia de lluvias, sucediéndose flujos de escombros que se denominan “huaycos”. Así mismo estas fuertes lluvias provocan inundaciones en muchas partes de la costa norte peruana.

## **2 Los Recursos Hídricos en el Perú**

En este capítulo se describirá la situación de los Recursos Hídricos en el Perú, desde los fenómenos climáticos como la corriente Von Humboldt y el Fenómeno el Niño que influyen en la geografía del País. Así como también los efectos del cambio climático en Perú.

### **2.1 Naturaleza de los Recursos Hídricos en el Perú**

La República del Perú es un Estado andino que se encuentra situado en la parte central y occidental de América del Sur, entre los 81° 19' 35" y 68°30' 11" de longitud oeste y desde los 0°01'48" a 18°21'05" de latitud sur. Limita al norte con Ecuador, en una extensión de 1 529Km de frontera, y con Colombia, en 1 506 Km de frontera; al sur con Chile, en una extensión de 169Km. de frontera; al este con Brasil, en una extensión de 2 822 Km., y Bolivia, en una extensión de 1,047 Km. de frontera, y al oeste sus costas son bañadas por el Océano Pacífico, en una extensión de 3 080 Km. Tiene una extensión de 1 285 216 Km<sup>2</sup> de superficie.

En el territorio peruano se distinguen tres ambientes geográficamente bien definidos: la costa, franja litoral de 80 a 150 km de anchura; la sierra, que constituye la zona altiplanicie andina, y la selva, que es un vasto sector amazónico poco habitado en la actualidad. Cada una de estos ambientes conforman a su vez las vertientes del pacifico asociada a la costa y la del Atlántico asociada a la selva, divididas por las cumbres de la cordillera andina. Además de la vertiente endorreica del Lago Titicaca.

#### **2.1.1 Factores del Clima en el Perú**

Por su ubicación geográfica, el Perú debería simplemente tener un clima tropical-cálido, húmedo y lluvioso. Sin embargo, existen diversos factores que determinan la presencia de una rica variedad de climas en el territorio peruano.

Entre estos factores se encuentra la ubicación del Perú en una zona de latitud baja, próxima al Ecuador, por lo que los rayos solares llegan de forma más directa y elevan la temperatura. Asimismo, la cordillera de los Andes, que por su gran altitud actúa como una barrera que impide el paso de las corrientes de aire que vienen de la Amazonía, hace que estas se conviertan en lluvias.

Por otro lado, los vientos del Pacífico Sur, fríos y secos, descienden y condensan el vapor de agua sobre el litoral, formando un techo de nubes que disminuye la radiación solar en esas zonas, al mismo tiempo que los vientos del anticiclón del Atlántico Sur provocan abundantes precipitaciones en la Amazonía. A lo anterior se suma que las aguas cálidas de la Corriente del Niño elevan la temperatura de la costa norte, mientras que las aguas frías de la Corriente Peruana o de Humboldt hacen que desciendan en el resto del litoral.

Todos estos factores hacen que el Perú posea una gran variedad de climas. Así se tiene que la costa (riveras del Océano Pacífico y estribaciones occidentales de los Andes) presenta una escasa precipitación, la misma que anualmente totaliza 50 mm en promedio, a excepción de la zona norte del país, que sobrepasa los 500 mm en los años de invasión de la Contracorriente Ecuatorial, que es cuando se registran precipitaciones intensas.

En la sierra o zona Alto Andina el clima es variado, de características locales que dependen del relieve, las temperaturas dependen de la altura del lugar y las precipitaciones varían entre límites extremos que van de los 100 hasta los 1000 mm al año. Se caracteriza por un clima frío seco de tundra (Cordillera Negra), en tanto que la cordillera Blanca está ubicada dentro del clima de alta montaña de nieve perpetua. Traspasando las altas cumbres de los Andes, hacia el este se observa otra disposición de las zonas climáticas, así en los valles del Alto Marañón y Huallaga en lugar de clima seco de estepa se tiene el clima templado moderado con precipitaciones en verano, y luego el clima de selva tropical permanentemente húmedo.

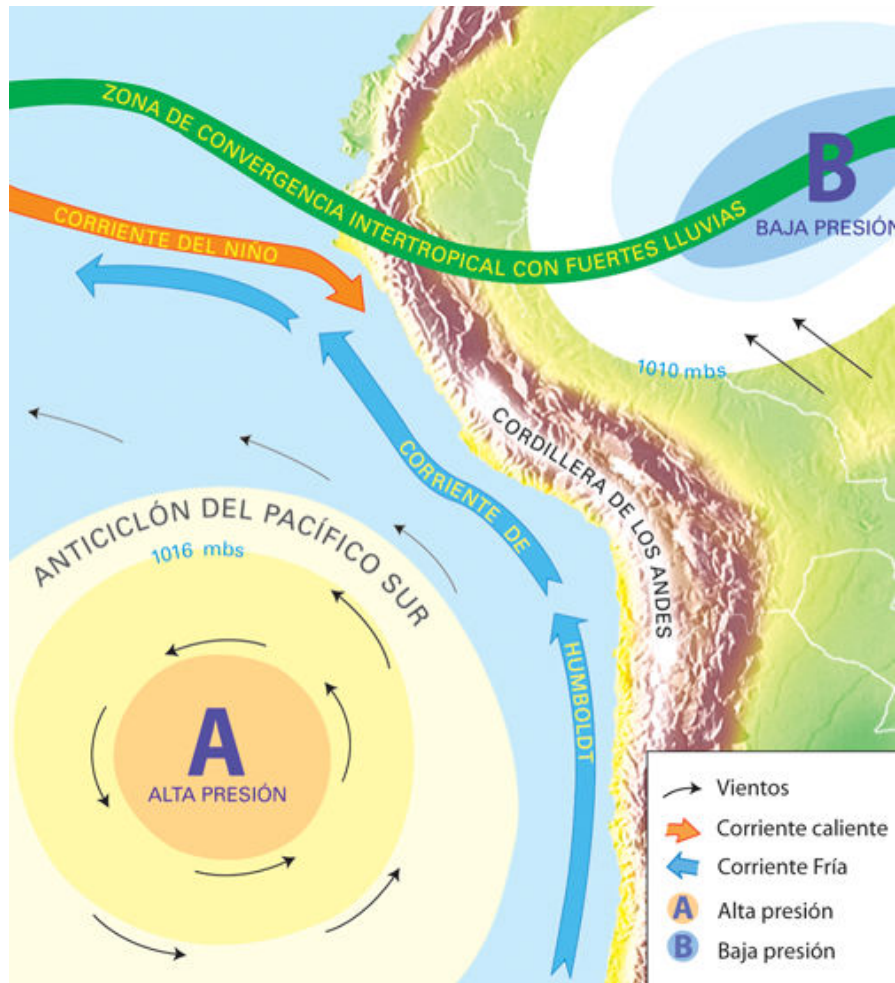


Figura 5. Factores del clima de Perú<sup>7</sup>.

### La Cordillera de los Andes

Los Andes Peruanos se extienden desde la frontera con Chile y Bolivia por el sur, hasta la frontera con el Ecuador por el norte. Se distinguen los siguientes sectores:

- Los Andes del Sur o Andes Meridionales, comprendidos entre las fronteras del Perú y Bolivia y el Nudo de Vilcanota, en el límite entre Puno y Cusco.
- Los Andes Centrales, comprendidos entre el nudo de Vilcanota por el sur y el Nudo de Pasco por el norte.
- Los Andes del Norte, llamados también Septentrionales, que se extienden desde el Nudo de Pasco hasta la frontera con el Ecuador.

<sup>7</sup> Kalipedia (2010). Factores del Clima.

## **La Corriente de Humboldt**

La Corriente de Humboldt es una corriente marina originada por el ascenso de aguas profundas, y por lo tanto muy frías, que se produce en las costas occidentales de la América del Sur. Fue descrita por el científico Alexander von Humboldt en su famosa obra Viaje a las regiones equinociales del Nuevo Continente, escrita con la colaboración de Aimé Bonpland en los años iniciales del siglo XIX. Se debe a los efectos combinados del movimiento de rotación terrestre y de la fuerza centrífuga de las aguas oceánicas en la zona ecuatorial. Junto con la Corriente del Golfo, la corriente de Humboldt es una de las más importantes del mundo.

Ejerce influencia determinante sobre el clima de la costa peruana con cielos cubiertos de neblinas, ausencia de lluvias y temperaturas templadas durante el invierno. Por la latitud, el clima debería corresponder a la zona intertropical; pero las aguas frías enfrían a su vez a la atmósfera.

Corre desde la isla de Chiloé (Chile) hacia el norte, pero principalmente a lo largo del litoral peruano provocando la anomalía térmica detectada por Humboldt, que consiste en una temperatura media de las aguas inusualmente baja para regiones de latitudes intertropicales y subtropicales.

Esta inversión térmica tiene efectos que caracterizan el clima de las regiones litorales en contacto con la corriente: la alteración drástica del régimen subtropical de lluvias, creando una faja de arenales y desiertos costeros fríos, como el Desierto de Atacama (Chile). Asimismo, las aguas antárticas transportan una densidad extraordinaria de plancton, convirtiendo a las aguas atravesadas por la corriente en uno de los más importantes caladeros pesqueros del planeta y a la corriente misma en uno de los principales recursos económicos de Chile y del Perú. Igualmente, la riqueza ictiológica asociada a esta corriente provoca la abundancia de aves marinas en el litoral, entre las que destacan las aves guaneras, de importancia estratégica para la economía peruana del siglo XIX.

Los episodios periódicos del síndrome oscilatorio meteorológico de El Niño, debidos al calentamiento de las aguas superficiales del Pacífico, interfieren severamente en el clima generado por esta corriente, provocando disminuciones en la riqueza de los caladeros y fuertes inundaciones en las costas, así como aluviones (o huaycos) en los Andes peruanos. En general produce graves variaciones meteorológicas.

La corriente surge en la costa sudamericana del océano Pacífico, desplazándose desde Chile hacia el Norte, paralelamente a la línea del litoral sudamericano, pasando por Paita (Piura, Perú), hasta el Cabo Pasado (Manabí, Ecuador) desviándose luego en dirección Oeste hacia las Islas Galápagos para iniciar la corriente ecuatorial del Pacífico.

### **La Corriente de El Niño**

"El Niño" u "Oscilación Austral" (ENSO del inglés El Niño Southern Oscillation) es más que una corriente marina que aparece en el océano Pacífico cada dos o diez años entre diciembre y marzo, (por eso su nombre refiere al Niño), es un fenómeno complejo cuyas repercusiones en el ambiente costero del Perú, Ecuador y norte de Chile son indiscutibles y los efectos climáticos en lugares apartados del planeta son hoy en día bastante bien conocidos, pero les ha tomado tiempo a los científicos armar las distintas piezas del rompecabezas: corrientes oceánicas-vientos y fuertes lluvias para entenderlas y explicarlas.

Los efectos negativos que produce tanto en el ambiente marino costero como en el interior continental, las mismas tienen una duración de ocho meses a dos años; aunque sus causas son aún desconocidas, los climatólogos sostienen que dicha corriente se genera por alguna anomalía en el comportamiento de la masa oceánica y los oceanógrafos sostienen que las causas radican en algún comportamiento extraño de las masas de aire. Si bien es cierto que hay una interdependencia entre la atmósfera y la hidrosfera, no se puede priorizar una u otra, lo cierto es que los estudiosos de la ciencia de la Tierra, tratan desde hace muchos años de descubrir este enigma, a través de permanente análisis

estadísticos y observaciones espaciales para abordar a un conocimiento verdadero y poder prever consecuencias lamentables e irreparables.

Es así como en las costas peruanas y las costas norte chilenas existen temperaturas ambientales entre 15-30 °C y con precipitaciones muy escasas, no más de 50 mm al año, trae aparejado la presencia de múltiples desiertos de arena.

El científico británico Sir Gilbert Walker hace ya varias décadas, produjo la primera pista respecto de esta anomalía austral. Durante los años 1920 mientras los científicos en América del Sur estaban ocupados documentando los efectos locales de "El Niño", Sir Gilbert Walker se encontraba realizando un trabajo en la India, tratando de encontrar la forma de predecir el monzón en el Asia. En el proceso de analizar los mapas climáticos mundiales descubrió una conexión proveniente de las estaciones del Pacífico Este y del Oeste. Observó que cuando la presión sube en el este, generalmente baja en oeste y viceversa. Walker fue quién utilizó por primera vez, el término "oscilación del sur" para explicar el sube y baja registrado en los barómetros del este y del oeste en el Pacífico Sur.

### **Condiciones normales del Océano Pacífico Sur**

La corriente de Humboldt o Corriente Peruana, conjuntamente con los vientos de circulación permanente conocidos como alisios, cuya dirección es este a oeste (en el hemisferio sur) "apilando" una gran cantidad de vapor de agua y de calor en la parte occidental del Océano Pacífico., dichos vientos son provenientes de la zona anticiclónica localizada entre los 30-40 de latitud sur.

La corriente de Humboldt al aproximarse al Ecuador toma una dirección este--oeste uniéndose a la corriente marina Subecuatorial del Sur.

Las temperaturas más bajas que se dan en la costa de América del Sur, se deben a otro fenómeno oceánico denominado "surgencia" o "afloramiento", el mismo se produce por la acción conjunta de los vientos alisios de dirección S-E

a N-W y la rotación de la Tierra, de oeste a este, que "barren" las aguas superficiales y permiten el ascenso de una masa de aguas profundas. Por lo general, los vientos alisios mantienen un equilibrio entre las aguas calientes del Pacífico occidental y las aguas frías del Pacífico oriental. El sol aún calienta el agua en el este, pero la termoclina, el límite entre el agua caliente y el agua fría y rica en nutrientes se halla a 40 metros bajo la superficie. Al provenir de niveles profundos del océano, el agua de surgencia es fría y rica en nutrientes, lo que le permite obtener altos niveles de productividad primaria, diversos ecosistemas marinos y en consecuencia, grandes pesquerías, sobre todo en las costas peruanas. Algo similar sucede también en las costas atlánticas africanas por incidencia de la corriente marina fría de Benguela.

Las condiciones normales en el sureste asiático, y también en el Pacífico Occidental se presenta con características climáticas cálidas y más húmedas que las que poseen Pacífico Oriental, próximo a las costas peruanas y ecuatorianas. En estas condiciones reina el equilibrio natural y producen un impacto beneficioso en las actividades económicas de Chile, Perú y Ecuador; por ejemplo entre los años 1975-94, sólo en Chile, las capturas pesqueras se incrementaron, en un 670%, y se destinó un 90% para la elaboración de harina y aceite de pescado que se utiliza en la fabricación de alimentos para animales.

Además en la época actual los recursos pesqueros y la acuicultura genera USA 2.000.000.0000 anuales y también da lugar a 200.000 puestos de trabajo a nivel nacional (según El Centro De Ecocéano). A estas características ambientales se las conoce como "No Niño" o condiciones normales.

### **2.1.2 Datos históricos de El Fenómeno “El Niño”**

De acuerdo a los estudios de la Dirección de Hidrografía y Navegación (2010), los eventos extraordinarios, indican que El Fenómeno se presentó en los años 1578, 1721, 1828, 1877/78, 1891, 1925/26, 1982/83 y 1997/98, otros eventos



durante este siglo, se presentaron durante los años 1911/12, 1917/18, 1929, 1932, 1940/41, 1951, 1957/58, 1965, 1969, 1972/73, 1975, 1987 y 1992.

Como lo refiere Rocha (2000), durante el fenómeno las precipitaciones son extraordinariamente fuertes y persistentes en la costa Norte de Perú, principalmente en las zonas bajas de las cuencas, próximas al mar. Este fenómeno como ya se menciona, siempre ha ocurrido, lo que sucede es que ha pasado desapercibido cuando su ocurrencia no ha ocasionado impacto en las poblaciones. Como menciona Rocha, no es casual que los antiguos peruanos ubicasen sus centros poblados lejos de las riberas de los ríos. Fue la concepción de ciudades que los españoles trajeron consigo que las nuevas ciudades se fundaron a la orilla de los ríos, como es el caso de la ciudad de Lima, fundada a orillas del río Rímac.

La ocurrencia de este fenómeno no siempre se presenta con la misma intensidad, pero cuando tiene una gran intensidad, puede ocasionar muchos daños, es así que Rocha (2003) ha definido el término Mega Niño, a la ocurrencia del Fenómeno que ocasiona fuertes daños al hombre y su hábitat, a la naturaleza en general, a la infraestructura mayor, a la agricultura y la ganadería, a la pesquería y la fauna marina, a las instalaciones, industrias y servicios varios y a las actividades económicas y comerciales.

Es así que Rocha (2003) ha inferido sobre la base de crónicas y reportes históricos, el siguiente cuadro que lista la relación de Meganiños en el periodo (1532 – 2002). El primer Meganiño del que se tiene noticia cierta y detallada es el ocurrido en 1578, se manifestó mediante fuertes lluvias en la costa norte que duraron aproximadamente dos meses.

Tabla 3. Relación de Meganiños (1532 – 2002)<sup>8</sup>.

Año	Intervalo	Daños
MN 1578	142	Fuertes lluvias en Lambayeque durante 40 días. Desborde de ríos. Copiosas lluvia en Ferreñafe, Tucume, Illimo, Pacora, Jayanca, Cinto, Chiclayo, Chicama, Chocope, Trujillo y Zaña. Destrucción de canales. Epidemias. Gran daño a la agricultura. Plaga de langostas.
MN 1720	8	Destrucción de Zaña. Copiosas lluvias en Trujillo, Piura y Paita. Desborde de ríos. Enormes daños económicos a la agricultura, especialmente en Lambayeque.
MN 1728	63	Lluvias en Piura (hubo relámpagos y truenos), Paita, Zaña (12 días), Chocope, Trujillo (40 días, corrieron ríos de agua por las calles). Desborde de ríos. Reubicación de Sechura. Ruina económica de la agricultura, especialmente en Lambayeque.
MN 1791	37	Fuertes lluvias en Piura, Paita y en otros lugares de la costa norte. Daños a la agricultura de Lambayeque.
MN 1828	50	Importantes lluvias entre Trujillo y Piura (14 días). Tempestades. Desbordes de ríos. Formación de un río en Sechura.
MN 1878	13	Fuertes lluvias en la costa norte. Grandes daños en el departamento de Lambayeque.
MN 1891	34	2000 muertos, 50 000 damnificados. Torrenciales lluvias en toda la costa norte. En Piura, Trujillo y Chiclayo llovió 2 meses. Chimbote, Casma y Supe quedaron en ruinas. Desborde del río Rímac.
1925	58	Fortísimas lluvias en todo el norte. Desborde de ríos. Aumento de la temperatura del mar y el ambiente. Lluvias hasta Pisco. Grandes daños económicos.
MN 1983	15	Fuertes y largas precipitaciones en toda la costa norte. Llovió durante 6 meses en Piura y Tumbes (2500 mm en Piura). Interrupción de carreteras. Fuertes pérdidas en la pesquería.
MN 1998	¿?	Grandes lluvias en todo el norte. Fuertes descargas de los ríos. Cuantiosas pérdidas. Cayeron 58 puentes. Plaga de langostas, Grandes pérdidas económicas.
Intervalo Promedio	46,7 años	

Es así que Rocha (2003), concluye que de la información de los últimos cinco siglos, el periodo de retorno de los Meganiños en la costa del Perú es de 50 años. Siendo este un fenómeno con el que se convive y al que se deben adecuar las poblaciones.

<sup>8</sup> Rocha (2003)

### 2.1.3 Situación de los Recursos Hídricos en el Perú

Como se menciona anteriormente, el país está compuesto por tres vertientes principales, de acuerdo al inventario y evaluación de recursos hidráulicos superficiales del Perú realizado por la antigua Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) se concluyó que en el territorio peruano el escurrimiento anual medio es de 2 044 km<sup>3</sup>/año, correspondientes a las siguientes vertientes:

Tabla 4. Recursos Hídricos en el Perú<sup>9</sup>

Vertiente	Masa anual (km <sup>3</sup> /año)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Porcentaje
Pacífico	35	1098	1,7%
Atlántico	1999	63 379	97,8%
Titicaca	10	323	0,5%
TOTAL	2044	64 800	100%

Sin embargo la distribución de la población en la extensión del territorio peruano es muy diferente a la distribución de los recursos hídricos, además debe considerarse que no toda el agua disponible se puede utilizar. Esto se puede resumir en la siguiente tabla.

Tabla 5. Oferta de agua y Población por vertiente, año 1993<sup>10</sup>

Vertiente	Oferta de agua en %	Población en %
Pacífico	1,7	60,4
Atlántico	97,8	34,8
Titicaca	0,5	4,8
Total	100	100

Fuente: GWP-Perú (2004).

<sup>9</sup> Rocha (1993)

<sup>10</sup> GWP (2004)

Podemos entonces decir que el problema de escasez del recurso hídrico en el Perú radica no solo en los contratos en su naturaleza hídrica entre una vertiente sino también en la distribución de la población.

Y esta situación se ha venido agravando con el paso de los años debido al crecimiento de la población y su concentración en la costa. En la siguiente tabla se muestra la situación para el año 2001.

Tabla 6. Población, disponibilidad y uso del agua por Región Natural del Perú <sup>11</sup>

Región Natural	Área (Km <sup>2</sup> )	Población 2001	Disponibilidad del agua (Millones de m <sup>3</sup> )	Disponibilidad per capita (m <sup>3</sup> /persona)	Uso del agua (Millones de m <sup>3</sup> )
Costa	141 373,76	13 911 156	40 870,97	2 938,00	15 557,80
Sierra	334 156,16	9 888 990	367 838,69	37 196,79	3 035,67
Selva	809 686,08	2 546 694	1 643 838,61	641 954,44	379,46
<b>Total</b>	<b>1 285 216,00</b>	<b>26 346 840</b>	<b>2 043 548,26</b>	<b>77 563,32</b>	<b>18 972,93</b>

Sobre todo en el caso de la ciudad de Lima, que concentra aproximadamente el 30% de la población total del país, con una densidad poblacional de 5774,1 habitantes por kilómetro cuadrado, de acuerdo al censo del año 2007.

#### 2.1.4 El caso de la ciudad de Lima

Lima la capital del Perú, se caracteriza por su gran centralismo no solo concentra gran parte de la población sino también el 43% del PBI. El crecimiento de la población se ha incrementado en los últimos años, el avance de la tecnología, la introducción de centros comerciales están induciendo a la población a un mayor consumo de bienes y servicios.

El abastecimiento de agua para la ciudad de Lima se hace con una combinación de recursos superficiales y subsuperficiales. Se abastece con el aprovechamiento de las aguas de los ríos Rimac, Chillón y Lurín, además de

<sup>11</sup> GWP (2004)

complementarlo con el trasvase de las aguas de la vertiente del atlántico, específicamente la cuenca del río Mantaro. De acuerdo al INEI (2010), el uso poblacional del agua de estos tres ríos se ha incrementado, en los últimos años como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7. Uso Consuntivo del Agua Superficial, 2001 - 2008<sup>12</sup>

Año	2007 – 2008	2006 – 2007	2005 – 2006	...	2001-2002
Uso Consuntivo (m <sup>3</sup> )	547 003 063	560 342 978	546 165 833		498 997 702

El abastecimiento de agua para la ciudad de Lima se hace a través del Sistema de Agua Potable, administrado y operado por la empresa SEDAPAL, sin embargo la cobertura del sistema esta alrededor del 84% y se estima que existe una población de 1 millón de habitantes que se abastecen mediante el uso de tanques cisterna, fuera del control de la empresa SEDAPAL.

SEDAPAL actualmente cuenta con mas de 1 millón de conexiones, y en promedio produce 650 000 Hm<sup>3</sup> de agua al año. La diferencia de valores respecto de la Tabla 7 se debe al uso de agua sub-superficial y aguas de trasvase. La producción de agua potable per capita en los últimos años (2003 – 2008) es en promedio 263 l/hab/día, un promedio bastante alto.

El escenario futuro para la ciudad de Lima no es nada alentador, considerando el crecimiento de población de la ciudad de Lima con una tasa de 1,42% por año, además de que están apareciendo mas usuarios que requieren el agua para otros usos y la contaminación de estas fuentes superficiales y subterráneas, se requerirá incrementar las fuentes de agua y reducir el consumo per capita.

---

<sup>12</sup> Elaborado a partir de información del INEI (2010)

## 2.2 Cambio Climático

Uno de los problemas más serios que enfrenta el mundo es el Cambio Climático. De acuerdo a los reportes del IPCC, desde el año 1990 se han registrado los 10 años con temperaturas promedio más altas en el mundo y Perú es uno de los países más vulnerables a este incremento de la temperatura. Sus glaciares representan 70% de la superficie de hielo en los trópicos, pero retroceden entre 20 y 30 metros al año, con lo que desaparecen fuentes de agua para el consumo, generación de electricidad y agricultura. Ver figura adjunta. Además del problema que puede generar por escasez del líquido elemento, por su variada geografía y diversidad climática, presencia de fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, los desastres Naturales son una constante en el Perú. Es así que se prevé que se acentúen y sean más frecuentes las condiciones climáticas que favorezcan la ocurrencia de los mismos.

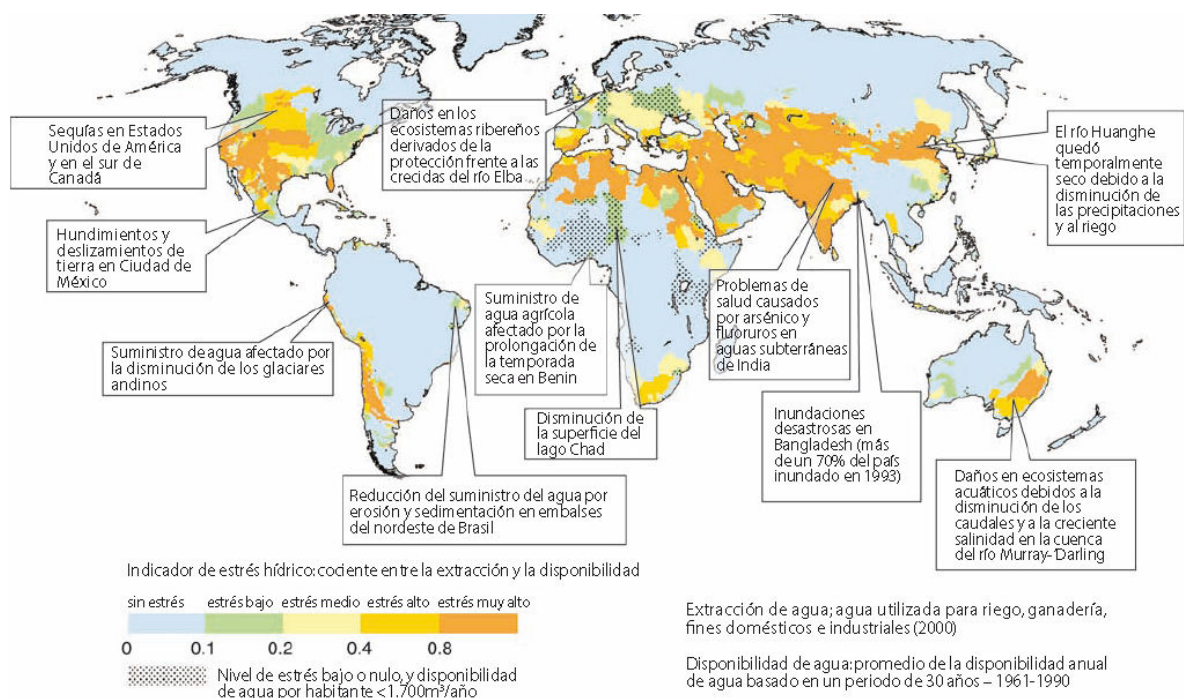


Figura 6. Ejemplos de vulnerabilidad de los recursos de agua dulce y de su gestión; al fondo, un mapa de estrés hídrico<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> ICC (2008)

### **3 Técnicas de Manejo de Agua en culturas ancestrales del Perú**

#### **3.1 Introducción**

Los seres humanos han almacenado y distribuido el agua durante siglos. En la época en que el hombre era cazador y recolector, el agua utilizada para beber era agua del río. Cuando se producían asentamientos humanos de manera continua estos siempre se producen cerca de lagos y ríos. Cuando no existen lagos y ríos las personas aprovechan los recursos de agua subterráneos que se extrae mediante la construcción de pozos. Cuando la población humana comienza a crecer de manera extensiva, y no existen suficientes recursos disponibles de agua, se necesita buscar otras fuentes diferentes de agua.

La relación existente entre la calidad del agua y la salud se conoce desde siempre. Las aguas claras se consideraban aguas limpias mientras los pantanos eran considerados zonas sucias y aguas no potables.

Respecto a la ingeniería hidráulica prehispánica, materia del presente capítulo, podría decirse sin temor a equivocarnos, que aún se encuentra en una etapa exploratoria, pues sólo se ha iniciado el estudio de una parte de este tema, siendo desconocidos un porcentaje importante de este, y concentrados en el uso agrícola.

Uno de los primeros informes conocidos son las láminas de Huaman Poma y los Comentarios de Garcilaso; pero son el ing. Ricardo Tizón y Bueno (1918), quien inicia el estudio de los canales de riego en la costa norte peruana y en un artículo sobre el riego en Chimbote menciona a los canales de Guadalupito y Lacramarca; y el Ing. Jorge Zegarra (1924), que hace referencia a los canales de La Libertad y Lambayeque: "Sobresale el admirable sistema de canales, seguramente preincaicos, cuyos restos pueden admirarse en los actuales departamentos de Lambayeque y La Libertad, que dominaron los chimús y los

mochicas, que demuestran su conocimiento práctico del régimen de descarga de los ríos y sobre la mejor forma de aprovechar sus aguas, que los llevó, para regar las pampas existentes entre valle y valle - actualmente incultivadas - a conectar los canales, utilizando indistintamente las provenientes de los ríos situados al norte o al sur de tales pampas, solución que creo he sido el primero en señalar. En Lambayeque se conservan restos del gran canal de Racarumi, que nacía en el río Chancay o Lambayeque y, atravesando el portachuelo de Chaparri, irrigaba tierras del valle La leche, mientras uno de sus ramales irrigaba Pampa de Burros y, unido al antiguo canal del Taymi, tierras de Ferreñafe. Del mismo río, margen izquierda, se desprendía otro extenso canal, llamado Cucurreque, que además de tierras del propio valle irrigaba las hoy abandonadas pampas de Collique, tierras de Cayaltí y otras del valle de Zaña y las Pampas de Las Delicias...”

### **3.2 Historia e Importancia del Sistema Hidráulico**

El acceso al agua y por ende al riego fue tan importante en el ámbito andino como el acceso a la tierra. Los mitos y leyendas narran episodios sobre el inicio de los canales hidráulicos en un tiempo mágico, cuando los animales hablaban. Las fuentes surgieron por rivalidades entre célebres huacas que se retaron para medir sus poderes, y orinaron en varios lugares dando lugar a que brotasen manantiales. El mar, los lagos, las fuentes fueron veneradas por lugares de origen de numerosos grupos étnicos. Las lagunas eran consideradas como manifestaciones del mar y origen del agua en general.

Para la realización de una agricultura intensiva, conocida y practicada en los Andes, era preciso tener conocimientos hidráulicos y proceder a irrigar las tierras para aumentar los cultivos. En las tierras de secano se sembraban tubérculos, pero el maíz necesitaba del riego y quizás su introducción en el agro fomentó y dio lugar al desarrollo de los sistemas hidráulicos. No solo se practicaron en las diversas etapas del desarrollo andino complejas y sofisticadas redes hidráulicas para conducir el agua y mejorar la producción



agraria, sino que los santuarios, como Pachacamac, gozaban de canales que traían agua a los templos desde lugares alejados.

La arqueología ha reconocido los sistemas y modelos empleados en la hidráulica andina, sobre todo en la costa, donde el riego fue siempre una necesidad ineludible. El análisis de la situación hídrica de cada valle costeño ofrece interesante información acerca del desarrollo de los centros de poder, que podían fluctuar a través del tiempo en sus interrelaciones costa-sierra. Las diversas circunstancias en las cuales se desarrollaron los modelos hidráulicos en cada valle yunga son expresión de su pasado y de sus relaciones con sus inmediatos vecinos de las tierras altas. En el sur existían centros de poder ubicados en la sierra que dominaban y se proyectaban hacia el litoral, mientras en la costa norte un fuerte Estado centralizador dominaba parte de los llanos además de contar con probables señoríos de origen costeño establecidos en una parte de la sierra de Cajamarca, colindante con la costa.

A través del tiempo fluctuaron los centros de poder, y con ellos quienes ejercían la supremacía sobre el régimen acuífero de un valle, pues los que dominaban el curso del agua y las bocatomas eran los dueños de la tierra. Es indudable que una de las mayores funciones de los señores étnicos costeños fue el control y la administración del recurso hídrico. Este se efectuaba en dos niveles, el primero comprendía su relación con los vecinos serranos, hecho que necesitaba de la vigilancia de las bocatomas. En segundo lugar contemplaba la intervención del cacique yunga en la distribución del líquido elemento en su propio valle, todo aquello comprendía un complicado sistema de prioridades y de querellas entre su gente y sus súbditos.

Es posible que la presencia yunga en la sierra se haya debido principalmente a la necesidad de controlar las bocatomas, y con ello a todo el sistema hidráulico costeño. Se trataba quizás de una conquista preventiva durante el apogeo yunga para asegurarse el recurso acuífero para sus canales de riego.

En todo caso, estamos ante una situación completamente diferente a la existente durante el dominio inca cuando los costeños ya no controlaban sus recursos acuíferos. Durante un momento histórico indeterminado sucedió a lo largo de la costa un avance yunga hacia la sierra, luego acaeció un repliegue o retroceso de los costeños hacia el litoral a consecuencia del surgimiento de nuevos centros de poder en la sierra. Los invasores ocuparon las aldeas, casas y campos de los costeños que se vieron obligados a huir en dirección del litoral. Cuando los costeños no dominaban la sierra vecina a sus valles mantenían entonces fortificaciones estratégicas para defender las entradas. Es posible que estas construcciones se edificaran ante el inminente peligro del arribo inca. Sin embargo, la estrategia usada por los cuzqueños fue inesperada para los yungas y consistió en cortar el agua que bajaba de la sierra y regaba los campos costeños.

Los estados costeños necesitaban dos condiciones para existir; primero un acabado conocimiento de las técnicas de administración y de control del recurso hídrico, y segundo, el poder movilizar y coordinar fuerzas laborales capaces de mantener los sistemas de irrigación existentes y construir nuevos. A esto añadimos dos requisitos más, dominar sus bocatomas de agua, y gozar de independencia frente a la gente serrana. Sin estas condiciones era imposible asegurarse el dominio del elemento acuífero y con él, la autonomía.

El mayor complejo hidráulico en la costa fue el de Lambayeque, en la costa Norte del Perú, que unía entre sí a cinco cuencas. Durante el apogeo de Chimú se construyó el canal denominado La Cumbe que llevaba el agua a la ciudad de ChanChán en un recorrido de 84 kms. Su construcción requirió de conocimientos avanzados en hidráulica, porque necesitó de la construcción de terraplenes para conducir el agua a cierto nivel. La Cumbe ha sido considerada como el proyecto hidráulico más prodigioso de América precolombina.

La avanzada tecnología aplicada en los sistemas de riego en la costa norte muestra la presencia de una considerable fuerza de trabajo disponible, la misma que operaba bajo la dirección de técnicos con profundos conocimientos

aprendidos empíricamente. La necesidad de las complejidades hidráulicas fomentó la aparición de especialistas en la materia.

Las obras de irrigación ejecutadas por los norteños son solo comparables con las construidas en Nazca, donde se hizo una extensa red de canales subterráneos. Parte de esos canales están revestidos de lajas, mientras otros tienen techos de vigas. El acceso a los canales se hace a través de pozos verticales, necesarios para su mantenimiento. Hasta la fecha el sistema sigue operando y suministra agua para la agricultura el valle. La diferencia entre el sistema hidráulico norteño y el de Nazca al Sur de Lima, residía en el método usado por este último: galerías filtrantes, túneles subterráneos o de tajo abierto que conducían las aguas del subsuelo a la superficie. Para la construcción de este sistema se necesitaba de un número muy inferior de mano de obra en comparación con el norteño.

### **3.3 Manejo de sistemas agrícolas en el Perú prehispánico**

En líneas generales se conocen seis sistemas de aprovechamiento del agua, relacionados con el uso de terrenos originalmente aptos o no para la siembra.

#### **3.3.1 Huachaques**

Es un sistema de riego que se observa en la costa norte, consistente en aprovechar el agua del subsuelo por filtración. Los huachaques son originariamente pozas o puquios que han sido drenados por canaletas; luego, por un proceso artificial de eutrofización, consistente en sembrar plantas de raíces anchas y carnosas apropiadas a este tipo de suelo fangoso, como la totora (*Schoenoplectus californicus*), junco (*Scirpus* sp.), inea (*Typha angustifolia* L.), achira (*Canna* sp.), etc., fueron rellenando hasta convertir la sedimentación artificial en tierra apta para la agricultura, que no necesitaba riego, pues la humedad era suficiente.

Estas “tierras vegetales” fueron apropiadas para cultivar alimentos de subsistencia, debiéndose obtener al año dos o tres cosechas de zapallos,

pallares (*Phaseolus lunatus*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), arracacha, pepinos, calabazas, ají, camote, maíz, maní (*Arachis hypogea*), y otros.

Esta experiencia se realizó en albuferas pequeñas, en aquellas lagunillas de agua dulce (en mayor proporción) y agua salada que se forman por filtración en las playas, separadas del mar por desniveles o cordones litorales, y en puquios o pozas, así como en los deltas inundables y húmedos de las desembocaduras de los ríos. Algunos aún subsisten y continúan siendo explotados por los campesinos, pero tan sólo para el aprovechamiento de la totora empleada en la preparación de los “caballitos de totora” utilizados en la pesca artesanal, como los huachaques de Huanchaco y Pimentel.

### **3.3.2 Terrazas y bancadas (Andenes)**

En la cordillera de los Andes el problema para la agricultura es la inclinación de las tierras cultivables y el empobrecimiento de ellas por las lluvias que lavan los suelos, arrastran sus nutrientes y gastan la capa de suelo agrícola.

Los antiguos peruanos dieron respuesta a este problema construyendo terrazas y canales en los terrenos con pendiente. Creando así los famosos sistemas de andenes, cuyo propósito es reducir las causas de la erosión, lograr una productividad agrícola mayor y disminuir los riesgos de la producción al dotar a las tierras de riego.

La andenería prehispánica ha perdurado hasta nuestros días, pese a que se ha reducido paulatinamente su extensión, debido a una serie de causas. Actualmente, existen 250 950 hectáreas de andenes de origen prehispánico en ocho departamentos que representan el 4,4% del total de tierras agrícolas. Sin embargo, sólo 51,3% de esta andenería es utilizada productivamente.

Estas terrazas artificiales aprovechan las laderas para maximizar la radiación solar que llega hacia ellas, y pueden ser amplias, planas, horizontales o inclinadas, se encuentran en alturas mayores a los 500 metros sobre el nivel del mar, y con mayor concentración a más de 2800 metros de altura. Fueron construidas además de con los objetivos ya mencionados, para regular las quebradas como tranquilizadoras de la pendiente, con presas primarias y

secundarias de piedra apircada y relleno de tierra vegetal para evitar la formación de huaicos (mezcla de 50% de agua y 50% de sólidos) y prevenir los daños que los materiales en marcha o de arrastre pudieran causar, especialmente en los embudos de erosión del valle, lugares a partir de los cuales al área agrícola se abre en abanico cruzando el desierto costero. El tamaño y distribución de éstas dependen de las características de las quebradas.

Se pueden observar terrazas de tres formas y dimensiones:

- a. Aquellas construidas en las zonas de defensa (altas y cortas) con características de presas o muros altos y terrazas cortas que sirven para evitar el nacimiento de derrumbes.
- b. Las ubicadas en las zonas de erosión y transporte (angostas) para darles mayor horizontalidad, dada la pendiente muy pronunciada (mayor de 45 grados) de la quebrada.
- c. Las construidas en las zonas de deposición (amplias y muy bien trazadas), ubicadas en las partes bajas y planas, donde se inicia el cono agrícola. Estas zonas se caracterizan por contener material de arrastre acumulado, lo que les da un nivel ligeramente horizontal con una inclinación menor a los 30 grados.

Las terrazas eran regadas directamente por lluvias o por un sistema de canales con los cuales aprovechaban el agua de las lagunas cuando éstas aumentaban su volumen durante las temporadas de lluvias, constituyendo reservorios naturales

Las terrazas tienen sus variantes costeñas conocidas como “bancadas”, las que se construyeron en lugares amplios y terrosos sin mucha pendiente. Se trata de cuadriláteros de hasta 30 metros por lado, cercados con paredes de distintos tamaños (según el lugar), desde simples “bordos de tierra” de un metro de alto a paredes de piedra y mortero (pirca), tapia y adobe de dos metros de altura, como las de Cerro Colorado (Chepén - Zaña).

La capa agrícola se ha enriquecido por sedimentos de limo depositados por colmatación, ya que al parecer las inundaciones intencionales o empozamientos de agua en temporadas de lluvias iban haciendo a estas tierras propicias para el cultivo.

Las bancadas tienen diversos niveles. Algunas tienen huellas de surcos en su interior, otras no. Posiblemente para regarlas aprovecharon el agua de los canales, pues se encuentran cerca de éstos. Se observan en diversos lugares, pero especialmente en las primeras estribaciones occidentales y en la sierra cajamarquina, donde se conocen con el nombre de “canchas”, usándose también como corrales para encerrar ganado durante las noches.

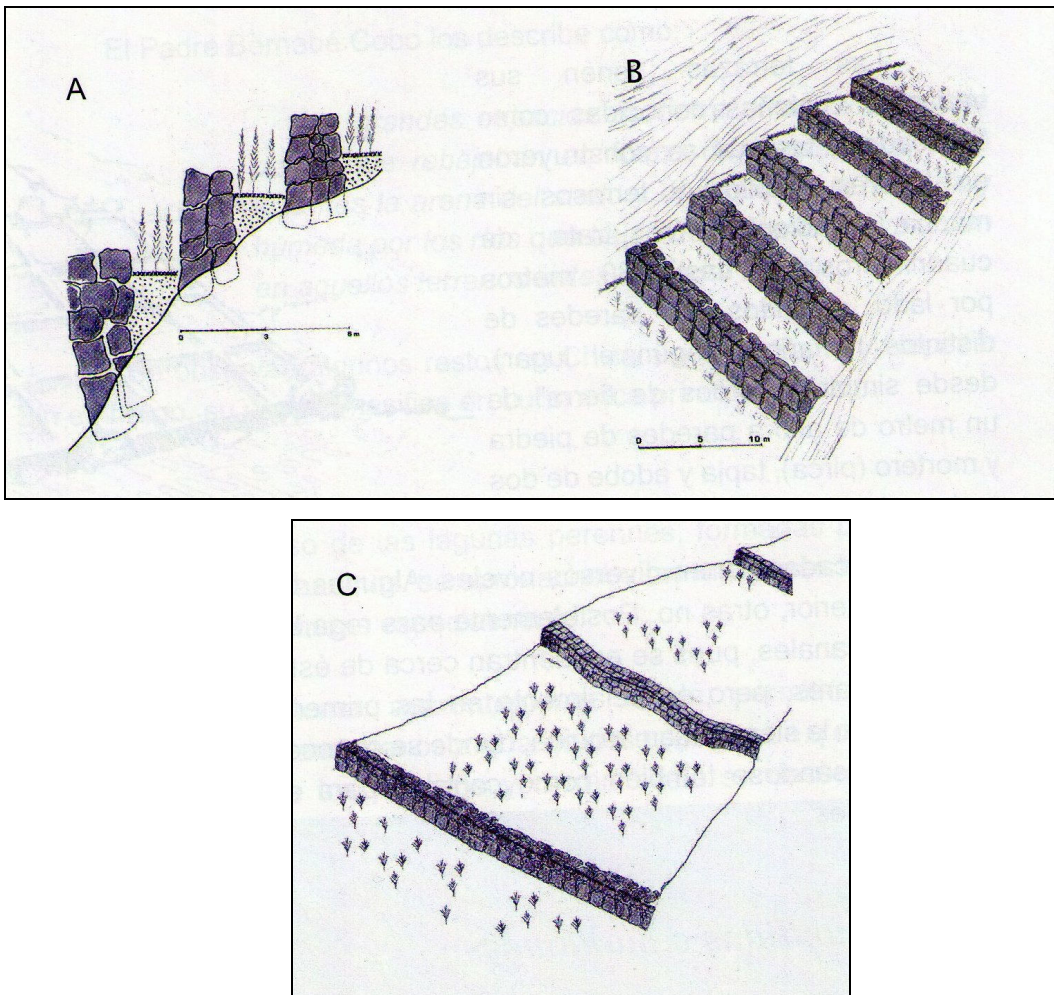


Figura 7. Vistas diferentes de las Terrazas y los Andenes<sup>14</sup>

<sup>14</sup> CONCYTEC (1986)

### **3.3.3 Chacras hundidas o mahamaes**

Este sistema, propio de la costa, era aplicado en sitios donde el manto freático se encontraba cerca de la superficie. Consistía en la remoción de médanos, arena, tierra suelta, hasta obtener un fondo de tierra húmeda del subsuelo, favorable para la siembra. Estas chacras alcanzaban de cuatro a seis metros de profundidad y hasta cien metros cuadrados de planta, aproximadamente.

El Padre Bernabé Cobo los describe como: “grandes espacios de tierra en las lomas y la playa, que rebajaban en forma de cuadrilátero, para quitarles la arena del suelo y descubrir la tierra fértil y húmeda por los ríos que bajan de la sierra y se pierden en aquellos terrenos antes de llegar al mar...”

Se observan algunos restos en Chicama, Virú, Santa y Nepeña. Sin embargo, su uso se masifica en Lurín e Ica principalmente.

### **3.3.4 Las Q'ochas**

Este sistema maneja el mismo o casi el mismo principio de las costañas chacras hundidas. Consistía en sembrar en el fondo húmedo de las lagunas temporales, formadas por inundación o filtración en temporadas veraniegas o de lluvias intensas.

En el caso de las lagunas perennes, formadas por acumulación de los deshielos andinos, se aprovechaba las márgenes húmedas para la siembra de gramíneas especialmente. Este sistema, aparentemente simple, permitió la siembra de productos complementarios a lo largo de la cadena de q'ochas que nacían en las faldas de los nevados y corrían hasta su desembocadura en el río colector, permitiendo aprovechar un área considerable, sobre todo si tenemos en cuenta que como se observa, estimo debieron existir treinta mil lagunas y lagunillas aproximadamente.



### 3.3.5 Sistemas de canales

Los valles de la costa debieron ser verdaderos bosques para los pobladores locales. Sin herramientas como las hachas, serruchos, ni fuerza de tracción para desenraizar los milenarios algarrobos, la agricultura sólo hubiera sido posible por roza en pequeñas áreas; por consiguiente, debieron verse obligados a ganar para la agricultura, en plena expansión, las áreas marginales de los valles. Para ello desarrollaron un sistema de riego por gravedad a través de una red de distribución compleja y eficiente, que consiste en una malla de canales, que hoy expresan el desarrollo alcanzado por la ingeniería agrícola.

El agua se obtenía desde un punto de captación (bocatoma) del río (que en la costa norte se ubica entre las cotas de 210 a 220 m.s.n.m.) o boca del canal, por donde se desvía parte del caudal del río gracias a una estructura de captación denominada espigón o simplemente "la toma". A este sitio se le conoce generalmente como la "bocatoma de la acequia" o canal, y desde allí se la traslada por un cauce artificial excavado o construido en niveles altos.



Figura 8. Vista de la Bocatoma de la Achirana, Ica<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Delgado (2003)



El caudal del canal principal se distribuía vía canales secundarios o de derivación a los terrenos de cultivo, donde diversas formas de surcos serpenteantes orientados a evitar la erosión terminaban por repartir el agua. Para su funcionamiento se requieren compuertas, canales de derivación, drenes, diques o pequeños reservorios, canales de desagüe y otros.

Los canales presentan cronológicamente dos técnicas en su construcción: los canales en zanja y los canales a nivel.

**a. Los canales en zanja.** Caracterizan a las primeras etapas de la agricultura con riego por gravedad (1000 años aC. a 100 años dC.). Son excavaciones longitudinales bajo el nivel del suelo, a tajo abierto, cuyo corte transversal es de forma semiovoide, de poca profundidad (Deza 2005).

El punto de captación o bocatoma se ubica por lo general en el lugar donde el río se expande y desacelera, en medio valle, donde el cauce es superficial y amplio. El canal corre paralelamente al río, aunque algunos canales nacen en la cabecera del valle y se orientan transversalmente a éste, hacia las pampas.

El trazo de estos canales se proyectó de la bocatoma hacia el área a regar directamente, aprovechando la inclinación de las pendientes, lo que permitía regar espacios agrícolas específicos, limitados por uno o varios niveles comunes ubicados entre quebradas.

A lo largo del canal se presenta flujo irregular como consecuencia de no tener un ángulo de inclinación constante, generándose una notable fuerza cortante en su lecho.

En líneas generales, debieron tener un régimen turbulento que ocasionaba con frecuencia el desmoronamiento de las orillas, arenamientos del fondo y rupturas, por lo que se tenía que estar constantemente moviendo, profundizando o limpiando algunos segmentos del canal, o encontrando alternativas de protección y estabilidad en las orillas. Estos problemas se agravaban por el desconocimiento de una forma de medir el arrastre del fondo, lo que hacía más inseguro y problemático este sistema de canales.



Figura 9. Canal de zanja. Pampa Lescano. Chicama<sup>16</sup>.

**b. Canales a nivel.** Constituyen una técnica más desarrollada de riego por gravedad, y que corresponden a los años en que la agricultura tiene un carácter de siembra intensiva, consistente en edificar los canales por sobre la superficie del suelo, siguiendo las curvas de nivel naturales y manteniendo una pequeña inclinación (1m a 7m x 1000m) constante. Las bocatomas se ubican en el cuello del valle (sobre los 210 m.s.n.m.), desde el cual corren canales al norte o al sur (aprovechando las laderas más altas de las primeras estribaciones yungas, lo que permite regar las pampas y deltas comunes entre dos valles) o paralelos al río.

Cuando había que conducir el agua por terrenos llanos, el canal se construyó levantando paredes de diversas dimensiones con la cara interior formando un talud de 60 a 70 grados de inclinación. Cuando se tenía que cruzar quebradas, se construyeron acueductos para que el canal continúe sobre éstos y de manera frecuente se construyeron los diques acueductos que permitían al flujo correr entre una pared artificial y la ladera natural del cerro. Algunos segmentos fueron enchapados con piedras de cara externa plana, para impermeabilizarlos y así disminuir las filtraciones, manteniendo además constante la velocidad.

---

<sup>16</sup> Deza (2005)

En líneas generales, el corte transversal de los canales es de forma trapezoidal, con lo que se facilitaba el flujo y su mantenimiento. Asimismo, se controlaba la velocidad angostando o ampliando segmentos del canal o colocándose grandes piedras ubicadas en sitios críticos o en curvas abiertas para disipar la energía.

De igual modo, por efectos de la gravedad, la velocidad del agua no permitía la acumulación de restos o colmatación del canal, depositándose el limo en los surcos, enriqueciendo así, gradualmente, la capa agrícola.

Este sistema permitía un mayor espacio agrícola, ya que el canal tenía mayor longitud y en su recorrido iba distribuyendo su caudal, por canales secundarios, hacia los diferentes niveles donde se ubicaban los terrenos planos, hasta cerca de las playas o en las pampas abiertas.

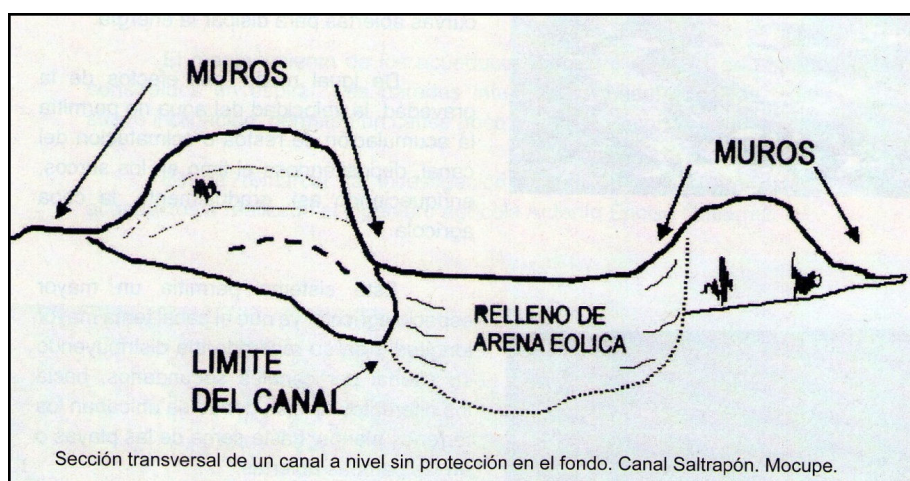


Figura 10. Sección transversal de un canal a nivel sin protección en el fondo. Canal Saltrapón. Mocupe.<sup>17</sup>

### 3.3.6 Acueductos Subterráneos de Nazca

En el valle de Nazca existían más de una decena de acueductos subterráneos que aprovechaban las filtraciones para recibir en sus cauce empedrado, el agua, dirigiéndola luego a las áreas de cultivo, maximizando de tal manera el

<sup>17</sup> Deza (2005)

aprovechamiento de este recurso escaso. Se encuentran algunos siendo utilizados para la agricultura, sobresaliendo el acueducto de Cantayoc que es además expuesto al turismo.

El mantenimiento de los acueductos se logra a través de pozos construidos en espiral. Las paredes interiores techadas de lajas, con suave inclinación, permiten un cauce acelerado y constante.



Figura 11. Galería filtrante o acueducto de Nazca.

### **3.3.7 El agroecosistema de waru waru**

El departamento de Puno, ubicado en el sur del Perú, presenta altitudes que van desde los 3 800 a más de 5 000 m.s.n.m. Se caracteriza por las fuertes restricciones climáticas, las que determinan la frecuente presencia de fenómenos climáticos adversos como sequías, inundaciones, temperaturas bajo cero (heladas) y veranillos, haciendo de la agricultura una actividad altamente riesgosa.

En el caso del altiplano circunlacustre peruano-boliviano, estos problemas se agravan por condiciones agroclimáticas locales, las mismas que ocasionan:

- Desbordes del lago Titicaca, por fuertes precipitaciones pluviales que se presentan sin una periodicidad conocida.
- Daños producidos por severas heladas que ocasionan en una noche pérdidas de grandes extensiones de cultivos.
- Sequías que afectan dramáticamente a la agricultura de secano.

La respuesta del poblador aimara fue sabia. Diseñaron, construyeron y desarrollaron una tecnología agrícola conocida con los nombres de waru waru, gentil wuacho, suka kollu, camellones, campos elevados, waru patas, terraplenes, entre otros. Como respuesta a las limitaciones planteadas, creó este sistema de siembra que además modifica el clima y permite un manejo del ambiente.

La técnica de su construcción consiste en hacer terraplenes elevados sobre la superficie original del terreno, intercalados con canales con piedras en el fondo, de los cuales se extrajo el suelo para formar los terraplenes. De este modo se logró una adecuada interacción suelo - agua - clima - planta – hombre, especialmente en áreas con deficiencia de drenaje, problemas de anegamiento, frecuentes heladas y bajo potencial para la actividad agrícola.

Con ellos se conseguía ampliar las áreas fértiles, mantener los niveles adecuados de humedad, la lixiviación de las sales disueltas con las precipitaciones eliminadas a través de los canales de drenaje, y crear un microclima que atenuaba las heladas hasta en 2.5°C generando así condiciones favorables para el desarrollo de los cultivos, a partir de los siguientes principios:

- Drenaje de aire frío hacia los canales, por su mayor peso específico.
- La alternancia de altura de los terraplenes y la profundidad de los canales ocasiona la turbulencia de las masas de aire frío y caliente.
- Debido a su efecto termorregulador, el agua retenida en los canales acumula la radiación solar durante el día para irradiarla hacia los cultivos durante la noche.

### **3.4 El sistema de riego por gravedad. La construcción de los canales.**

#### **3.4.1 Criterios ideológicos para su construcción**

El aporte más importante que ha hecho el aborígen peruano fue el desarrollo de la ingeniería agrícola, gracias a la cual distribuyó con eficiencia el agua en los valles, conquistó las pampas y deltas comunes entre dos ríos, llevó al agua a través de canales a nivel y acueductos de un valle a otro, y manejó y controló las avenidas temporales de verano. Esto último le permitió irrigar áreas desérticas y aprovechar el agua por un sistema de distribución basado en el “riego de avenida” que permitía llevar los “golpes de agua” a los terrenos preparados para sembríos, que requieren sólo un riego intenso; y, cuando el caudal que ingresaba al canal era mayor que el requerido, construyó acueductos para llevar la sobrante hacia las quebradas desérticas y por allí desviarla a otros terrenos baldíos y aprovecharlos, tanto para sembrar como para evitar inundaciones y destrucción de los sistemas de riego en funcionamiento.

En una región de lluvias irregulares, de sequías y avenidas violentas, de zonas críticas de lluvias intensas y carestías vecinas (que responden a las corrientes templadas de la costa y sus efectos manifiestos en los eventos de “El Niño”), es decir de marcadas irregularidades hidrológicas, en la que un río puede descargar durante los meses de verano hasta 1,9 millones de metros cúbicos al día, o puede al año siguiente hacer el más bajo con 400 mil metros cúbicos, tales diferencias eran catastróficas para los pobladores si no lograban un control de las avenidas.

Las nuevas formaciones sociales dependieron aún más de la economía agrícola, siendo obligatorio continuar desarrollándola. ¿Cómo lograrlo?

¿Cómo lograron construir sólo en los valles de Tumbes, Piura, Jayanca, Lambayeque, Zaña, Jequetepeque, Chicama, Moche, Chao, Virú, Santa y Casma, aproximadamente un total de 900 kilómetros de canales principales, con segmentos de 3 a 5 metros de alto? De ellos se derivaban canales secundarios con sus redes de distribución, con los que conquistaron para la



agricultura cientos de miles de hectáreas. Aún no estamos en condiciones de responder de manera concluyente.

¿Cómo lograron construir estas impresionantes obras, tan sólo con palas y barretas de corazón de algarrobo con puntas de cobre y bronce, azadones de piedra, combas y canastas de caña o junco para transportar material de relleno? ¿Cómo es que esta actividad tan importante no fue representada por los artistas dibujantes en ceramios, como tampoco lo fue el proceso agrícola?

¿Cómo es que los artistas, tan pródigos en describir escenas de distintas actividades, soslayaron la más importante?

Para estas últimas interrogantes alcanzamos una respuesta hipotética: las construcciones más importantes, los canales, pertenecen a los pueblos del Horizonte Medio o épocas postmochicas en el Centro y Norte peruanos (siglos VII a XV dC.), cuando el arte de la cerámica había decaído a simples alfares moldeados y repetitivos, carentes de originalidad y realismo, como fue el de los Chimos.

Tal vez por ello el círculo concéntrico, que es el símbolo de la serpiente, interpretada como río en sus mitos creadores, fue el más temprano de sus íconos, o las olas marinas unidas a las tres gradas simbolizando el movimiento en la unidad (ícono que perdura por más de tres mil años), o el cóndor con las alas desplegadas; en fin, tal vez el “movimiento” sea la mejor expresión del mundo que concibieron

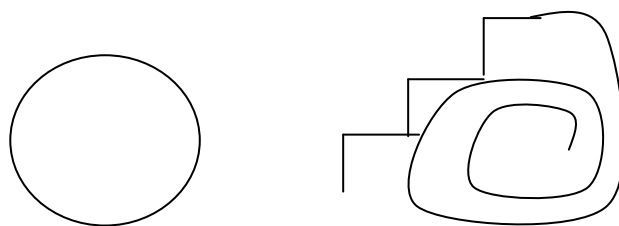


Figura 12. Iconos de los Chimos<sup>18</sup>.

Es decir, la unidad de su mundo real e imaginario, concebido siempre en movimiento integrado y no como la rígida sumatoria de sus componentes, fue

---

<sup>18</sup> Elaboración propia

la visión central del hombre. Ello nos explicaría por qué todas sus obras sólo fueron posibles de concebirse partiendo de la unidad de éstos, de una conciencia colectiva en concierto con su medio, con su pasado y con su devenir.

La familia era la totalidad en su fuerza productora basada en la circularidad del tiempo y en la acción de sus miembros; tales principios fueron suficientes para construir los sistemas de riego que hoy admiramos.

La concepción del hombre andino respecto a su origen, presencia y finalidad, tiene como eje central la armonía con su medio. Allí descansa la cohesión social y armónica que alcanza en la lucha diaria por la sobrevivencia.

### **3.4.2 Factores que habrían intervenido en la construcción de los canales.**

Como se ha dicho, el perfeccionamiento de los canales fue gradual, temporal y social, a medida que las familias (linajes) se expandían y necesitaban de más áreas de cultivo para el sustento de sus nuevos miembros. Ellos se erigieron gracias a la concurrencia de cuatro factores principales y condicionantes: geomorfológicos, climáticos, técnicos y sociales.

#### **a. Factores geomorfológicos.**

El trazado de los canales en la costa se realizó en suelos sueltos, compuestos de arena, piedra menuda, cascajo o ripio y grava, suelos que por su textura no resistían la tensión cortante del flujo o corriente del agua ya fuera ésta de forma laminar o turbulenta, ocasionándose por ello constantes modificaciones en su lecho y cauce. Tales particularidades de los suelos fueron un reto para el poblador mochica, en su afán por construir sistemas que permitieran una longitud mayor para regar las extensas pampas y, a su vez, lograr que los canales presentaran una resistencia adecuada a los irregulares flujos de la temporada de avenidas en el verano.

Las características geomorfológicas de las pampas costeñas obligaron a los aldeanos a buscar respuesta a estas interrogantes básicas: ¿por dónde debe conducirse el canal?, ¿qué tipos de suelo se deben evitar?, ¿qué



relación debe tener el volumen de captación o caudal inicial con la longitud del canal, para transportar el agua necesaria y concluir adecuadamente el riego de los terrenos ubicados en el extremo final de la zona de cultivo?, ¿cuál es la fórmula correcta para lograr una eficiente conducción del agua?. En otras palabras, ¿cuál es la fórmula que correlaciona la longitud del canal, las áreas de cultivo y riego, el aforo o cantidad de agua a conducir y la pérdida por filtración y evaporación?

En este tipo de suelos, donde el promedio de pérdida de agua canalizada por kilómetro de recorrido es elevado, ¿cuál debería ser la velocidad, resistencia e impermeabilización para lograr reducir al mínimo las pérdidas? En la construcción de los canales es indiscutible que han intervenido en forma condicionante las características físicas del medio. Solo de este modo se explican las constantes modificaciones y mejoramiento de sus trazos.

Existen evidencias de un trabajo gradual para llevar o elevar los canales hacia la cabecera, donde el valle se inicia en la costa, por lo general en las cotas 210 a 220 msnm., para extender su recorrido y anexar las pampas a la agricultura.

#### **b. Factores climáticos.**

Existen evidencias estadísticas y cronológicas para afirmar que se produjeron eventos naturales catastróficos como lluvias, sequías, ventiscas y terremotos; pero los principales fueron las perturbaciones climáticas ocasionadas por El Niño, en especial las precipitaciones producidas debido a la trasgresión de aguas cálidas de origen ecuatorial hacia el sur, frente a las costas peruanas. Esto suscitaba el calentamiento de las aguas marinas y del aire, aumentando la evaporación y las lluvias.

Los eventos o "fenómenos del Niño" han sido más frecuentes de lo que suponíamos, aunque cuando tales hechos ocurrían no debieron tener los mismos efectos por igual en todas las regiones, variando la intensidad en

áreas que se convierten en "zonas críticas" con su respectiva "periferia". Esta periferia como su nombre lo indica, es el anillo subsiguiente, circundante de la zona crítica, en el que también se registran fuertes descargas, pero de menor intensidad.

Es posible que los manglares que en la actualidad se encuentran en Tumbes hayan llegado más al sur, posiblemente hasta la península de Bayovar (Blanca Huapaya, 1993); no de otra forma se explica la gran cantidad de restos de "conchas negras" en el lugar, aprovechadas por el sechurano hace siete mil años, favorecido, claro está, por los eventos de El Niño, que permitieron la formación de la inmensa laguna.

Los acontecimientos periódicos de El Niño modificaron el paisaje, ya fuera reavivando extensos pastizales, como los de Reque, Mórrope y Piura, haciendo renacer albuferas y especialmente las lagunas de Las Salinas de Mórrope, Las Salinas de Sechura y La Depresión, conocidas comúnmente como "La Niña", o extendiendo las áreas boscosas de los valles.

Entre los eventos de mayores efectos e impactos en la producción, sólo a partir de la Colonia podemos señalar:

El de los años 1578, cuya zona crítica fue Trujillo, y respecto del cual Joseph Acosta en su libro Historia Natural y Moral nos dice:

"...como acaeció en el año setenta y ocho en los llanos de Trujillo donde llovió muchísimo, cosa que no habían visto muchos siglos..."

### **c. Factores técnicos.**

Los primeros canales fueron zanjás cortas (siglos X a. C. a VI d.C.), trincheras semiovoides que atravesaban un paisaje de tierra y arena, trazadas de la bocatoma directamente a los terrenos de cultivo. Como el constante fluir del río y sus sedimentaciones ocasionaban el rellenamiento y la reducción de su lecho, la corriente debía abrir el paso por otros cauces nuevos, moviéndose el canal pendularmente entre los distintos brazos del cauce principal. Ello traía como consecuencia que el punto de captación o bocatoma debía estar frecuentemente limpiándose o moviéndose,

apareciendo más alto o más bajo con respecto al fondo del río, quedando la boca del canal fuera del nivel apropiado.

En el sistema de zanjás, el problema se solucionaba excavando o ahondando la boca de entrada del canal, lo que posibilitaba que volviera a fluir aguas abajo. Pero no bastaba con rebajar la bocatoma. Para que el cauce volviera a revivir se debía excavar toda la zanja o varios segmentos de ésta, o construir un nuevo canal más bajo, con la consecuente pérdida de terrenos de cultivos aledaños al canal predecesor.

Esta operación fue una respuesta eficaz durante algún tiempo; pero a largo plazo se convirtió en un grave problema por la pérdida de tierras con capacidad de cultivo, lo que acababa por suprimir la agricultura en un área importante, como debió ocurrir en las pampas Cacique (Moche), Lescano (Chicama) y otras.

La solución posible a este sistema de zanjás arenosas consistió en reemplazarlo por otro sistema nuevo. Por canales que siguieran las curvas de nivel, dependiendo de la topografía del terreno, que permitieron tener una inclinación pequeña y constante. Es sabido que la pendiente de un canal debe tener un rango de 1 a 7 x 1000, es decir, de uno a siete metros de desnivel o bajada por un kilómetro de longitud. Si la pendiente es mayor ocasiona altas velocidades del flujo, trayendo como consecuencias la erosión y la ruptura del canal. Este desnivel permite que la velocidad también se mantenga en un rango aproximado de 0,3 a 3 metros por segundo ( $0,3 \text{ m/s} < V < 3 \text{ m/s}$ ). La velocidad no puede ser menor de 0,3 m/s porque ocasionaría sedimentación y connotación en los canales, y tampoco puede ser mayor a 3 m/s porque ocasionaría erosión en la base del canal.

Por supuesto, para la construcción de estos canales se requería habilidades especiales de los responsables para encontrar el curso correcto del agua. Estas técnicas probablemente se introdujeron poco a poco, según los contratiempos planteados por las nuevas circunstancias.

Un criterio adoptado, también, respecto al punto de captación, fue que cuanto más arriba se instalaba la bocatoma, mayor era la zona de tierras en

pendiente que podían ser regadas. Por ello, el punto más alto se ubicó en el cuello del valle, donde el río abandona la sierra y atraviesa el delta fluvial de su propio valle. Estos sistemas de canales de alta elevación se encuentran a ambos lados del río.

Con estos nuevos sistemas de canales, que seguían las curvas de nivel, se ocuparon terrenos que se encontraban a una altura ligeramente inferior a la del canal principal, que no habían sido aprovechados por el sistema de zanjas; pues cuanto más suave es la pendiente del canal, tanto mayor será la cantidad de terreno en desnivel que se regará.

Los nuevos canales tenían revestimiento de piedras y la distancia entre márgenes era mayor que la de los anteriores; es decir, tenían mayor longitud de base que de altura. Un corte transversal del canal nos muestra su perfil interno trapezoidal. Según la ingeniería moderna, esta técnica de construcción permite obtener una máxima eficiencia hidráulica, ya que esta sección reduce el perímetro en contacto con el agua, permitiéndole un mayor flujo.

Estas innovaciones disminuyeron los frenos y la resistencia al fluir el agua por el canal y ayudaron a mantener una tasa elevada de flujo, incluso ante un suministro permanentemente menguante, evitando además el arenamiento o connotación de los ramales de distribución.

Estos principios básicos de riego por gravedad fueron conocidos por los chimus, que controlaban la velocidad cuando los desniveles eran muy pronunciados y no se tenían espacios suficientes para extender el trazo, construyendo segmentos del canal con innovadas variaciones en la geometría del cauce. Angostando o ampliando en algunos tramos el ancho del canal reducían la velocidad y disipaban energía por efectos de expansión. También construyeron zigzags como en el canal Kumbemayo, y colocaron algunas veces obstáculos (por lo general grandes bloques de piedra) en las orillas del cauce, con el fin expuesto.

Sabido es que cuando un canal con flujo subcrítico ( $F < 1$ ) entra en un canal más ancho, se expande y desacelera. Un canal supercrítico ( $F > 1$ ), en

cambio, acelera su velocidad cuando el fondo del canal aumenta bruscamente en pendiente negativa, y el tirante o profundidad disminuye. En otras palabras, esta técnica de acelerar o frenar el flujo, que se explica con la fórmula de Froude, fue conocida y muy bien empleada por los constructores andinos.

F = Número de Froude.

$$F = \frac{V}{\sqrt{gD}}$$

Donde:

V = Velocidad media de la sección en m/s.

g = Aceleración de la gravedad en m/s<sup>2</sup>

D = Longitud característica de la sección en m.

Régimen Subcrítico	F < 1
Régimen Crítico	F = 1
Régimen Supercrítico	F > 1

Estas técnicas se emplearon tanto para evitar la erosión, como cuando era difícil modificar las pendientes debido a la dureza del terreno rocoso. En otras ocasiones empleaban las curvas abiertas para mantener constante la velocidad, y cuando las pendientes eran muy pronunciadas, construían estructuras de relleno sostenidas por terrazas para continuar el suave nivel de inclinación.

#### d. Factores sociales.

Uno de los más importantes es la fuerte tradición corporativa, que permitió el trabajo de las comunidades organizadas voluntariamente en torno de objetivos comunes. El sistema de trabajo colectivo como la minga o minka, el de reciprocidad como el ayni, y la mita estatal, suplieron la falta de instrumentos complejos y mayores.

Los instrumentos forman parte del contexto social, y si bien su diseño es para ser utilizado por una persona, su función sólo se comprende trabajando en "equipo", única forma de entender la actividad agrícola por los campesinos andinos hasta la actualidad. El trabajo de "aradura" de la tierra, por ejemplo, no es individual, sino que es realizado por grupos, en equipos que compiten entre sí. La comunidad se organiza un día determinado para tal faena, y se marcan las tareas en las que participan tres personas: dos activan las chaquitacllas y una voltea los terrones, trabajo que se va rotando entre los participantes como medida de descanso. Lo mismo hacen con los otros miembros de la comunidad organizados en equipos de trabajo.

Estas actividades no son exclusivas de los varones, sino que en ellas participan todos los miembros de la comunidad. Algunas mujeres cantan y alientan a los campesinos, otras cocinan para todos, y los niños en edad de aprender a trabajar ayudan en algunas actividades menores mientras observan y aprenden.

Al concluir la faena o al término del día, cuando el área señalada para arar ha sido removida, la comunidad entera califica su obra, evalúa el trabajo realizado y señala una siguiente fecha para trabajar otro terreno, ya sea éste de propiedad familiar o comunal.

Esta forma organizada de trabajo nos sirve para comprender a la agricultura y la eficacia de sus instrumentos, por simples que éstos parezcan.

Aquí interviene un factor que ha pasado frecuentemente desapercibido: el factor tiempo libre. El hombre, ya sea individualmente o en grupo, necesita contar con un tiempo de ocio. Los campesinos disponen de tiempo libre, y necesitaban gastarlo vivencialmente. De ahí que los trabajos comunales se convertían en medios de socialización

indispensables para mantener la cohesión de la familia extensa, linaje o ayllu. Estas comunidades autosuficientes basaron su desarrollo en la fuerza de trabajo y organización, más que en la complejidad de sus instrumentos de labranza.

La defensa del bien común que surge en el ayllu permitió la construcción de canales para la actividad agrícola, hechos a fuerza de mano de obra que excava, construye muros, controla y conserva su utilización adecuada. De esta manera, la obra pública fue tarea social, y constituyó un beneficio para la comunidad toda, que conquistó de este modo una nueva fuerza de control social.

El crecimiento de la población obligó a extender el sistema de riego de manera orgánica, haciendo posible que se construyeran los canales con sus decenas de kilómetros de recorrido, en un subsuelo de guijarros, con mampuestos y acueductos, salvando las quebradas y desniveles con piedra estriada, canto rodado y argamasa natural en su mayor parte.

La organización política respondió eficientemente a estas sociedades prehispánicas, y puede considerarse que corresponde a un modo de producción que caracteriza a los pueblos andinos, que podríamos llamar Modo de Producción Andino, pues tiene variables e indicadores que lo tipifican, además de mostrar características que son plenamente evidentes aún varios siglos después, tales como:

- Pequeñas comunidades compuestas por familias extensas (ayllus), propietarias colectivas de un espacio territorial, que combinan actividades para lograr su autosuficiencia.
- La producción y distribución están regidas especialmente por normas sociales ancestrales, normas de reciprocidad (ayni, mita, minga, intercambio) que en sí mismas generan las posibilidades mínimas necesarias para una reproducción y plusproducción.
- La presencia de un sector que se identifica con el control social y que se sobrepone a las comunidades locales o ayllus, asumiendo la administración de la fuerza de trabajo, los medios colectivos de producción y las actividades productivas. Este sector se encarga

del planeamiento y ejecución de las obras públicas de interés común, apropiándose del plus trabajo producido.

Este modo de producción conserva dentro de sí tanto los elementos de la comunidad primitiva como los de una sociedad de castas. Las comunidades agrarias son autosuficientes y carecen de propiedad privada, aunque el usufructo de la tierra es individual, la cual es redistribuida temporalmente a los individuos por medio de la comunidad, en tanto que el sector dirigente, como unidad superior de las comunidades, organiza y dirige los trabajos públicos de interés general, obteniendo de las comunidades un plusproducto por diversos medios.

Esta sociedad corresponde a una etapa distinta de la formación primitiva, donde la comunidad es la base de la economía (sin clases) o a una formación secundaria (clasista) en la que la esclavitud o la servidumbre conforman la base del sistema.

Se tipifica por la combinación de la actividad productiva de las comunidades aldeanas (cuya mayor parte de producción agrícola o artesanal está destinada al consumo inmediato de la comunidad) y por la intervención de una autoridad para el afianzamiento ideológico, trabajo público, rotación de tierras, seguridad, explotación de minas, arte popular especializado, etc. Como contrapartida, esta autoridad recibe un tributo en especies o en trabajo gratuito.

En estas comunidades, en las que los medios de producción no han sido acaparados de manera privada, es la tecnología, particularmente la agrícola con irrigación, el mejor exponente del desarrollo alcanzado y la mayor fuerza de control social.

Aquí radica la verdadera llave del desarrollo de estas sociedades, y no en el aprovechamiento de la fuerza productiva a través de la presión extraeconómica, violenta, ejercida sobre el individuo y sostenida por ejércitos regulares, mercenarios y esclavistas.

No existen pruebas de que el esclavismo haya existido como tal, que los esclavos hayan sido propiedad individual o colectiva de las



comunidades, y que con un ulterior desarrollo de la economía agrícola, el número de éstos haya ido creciendo. Al parecer debió darse de manera restringida solamente el cautiverio, forma de esclavismo patriarcal y doméstico, en la que el cautivo podía ascender socialmente y ocupar cargos importantes en la comunidad.

Las grandes obras públicas, logradas a través de cientos de años, fueron consecuencia y se explican en la ideología comunal del ayllu, del bien común, que en armonía con la naturaleza está presente desde la comunidad primitiva nómada y ha continuado por siglos, tal parece hasta nuestros días. Siguiendo esta caracterización, podemos decir que se trataba de aldeas dispersas y centralizadas por pequeños estados que eran autosuficientes y que combatían entre sí.

En este contexto sociopolítico, la tecnología hidráulica habría estado respaldada por el desarrollo de la fuerte tradición organizativa de los ayllus, por una visión integral de su mundo, y por una economía agrícola determinante, con un estado regulador y de servicio que maximizaba el esfuerzo colectivo, como corresponde a este “modo de producción andino”, y no aplicando una fuerza coercitiva para el usufructo o apropiación de la plusproducción.

El trabajo manual y colectivo permitió al hombre desarrollar técnicas de riego y roturación de suelos aplicables a las condiciones particulares de cada terreno (textura de suelos, grados de inclinación de la ladera, sinuosidades de la pampa, tipo de siembra y otros). Esto nos explica la presencia de diversidad de surcos en el contexto del trabajo comunal agrario, diversidad que permitió alcanzar una adecuada conservación de los suelos y un eficiente manejo de cuencas, a diferencia de lo que ocurre con el surco horizontal introducido con el arado en el siglo XVI.

### **3.5 Los canales prehispánicos**

Una de las mayores preocupaciones del poblador prehispánico (como lo es en la actualidad) fue obtener tierras agrícolas. Sin embargo el valle inundado por

su río constituía una ecozona rica en estratos arbóreos donde el algarrobo (*Prosopis pallida*) fue el principal biotipo y otros biotipos secundarios como el "faique" (*Acacia tortuosa* y *Acacia macracantha*), o frutales como el "pacaé", "lúcuma", "Ciruela del fraile" o "cansaboca" hacían difícil desarrollar una agricultura extensiva, aunque sí ofrecían flora y fauna complementaria a su dieta. De ahí que en respuesta aprovecharan todos los espacios posibles fuera de estos milenarios bosques.

El desarrollo de la tecnología agraria favoreció el máximo aprovechamiento de las áreas cultivables. Los canales alcanzaron su mayor recorrido, construidos por la comunidad para encauzar el agua hacia las pampas a través de canales laterales y longitudinales a los valles, o para llevarla a un valle contiguo, gracias a un sistema complejo de derivación. Canales intervalles, estos últimos, que tienen decenas de kilómetros de longitud, avanzan por curvas de nivel que superan desniveles pronunciados y abruptos, diferencias que se allanaron con terrazas y acueductos, con sistemas de protección, freno, disipación de energía, peraltes y aceleramiento, mampuestos y diversos materiales de construcción.

Este desarrollo trajo como consecuencia el aumento de la productividad; excedentes con los que las comunidades alcanzaron, también, una estructura social más compleja, permitiendo a los segmentos y castas consolidarse, agregando a su poder ideológico un poder militar con el que dominaron territorialmente a nuevas áreas. En esta empresa fueron favorecidos por una tradición y, tal parece, un tronco lingüístico común.

A ello contribuyeron dos factores. Primero, la siembra no controlada en terrenos apropiados, que facilitó la hibridación natural de diferentes variedades traídas indistintamente de diversos pisos ecológicos. La hibridación es fácil, por ser el maíz una planta alógama, es decir que el polen de un tipo de maíz pasa fácilmente a otro tipo de maíz, produciéndose un nuevo tipo. Segundo, las nuevas variedades fueron consolidándose por selección simple del hombre, quien separaba los mejores productos para semilla. La semilla tuvo un

tratamiento especial. Era seleccionada por su precocidad y calidad, almacenaje, preservación y secado, a fin de mejorar genéticamente los cultivares que iban siendo tratados fenotípicamente.

A medida que la actividad productiva fue haciéndose más compleja, la economía autárquica de las aldeas de producción y consumo cerrado fue desbordada, desarrollándose otras actividades económicas (las diversas artesanías, la extracción de la sal, la conservación de la carne, la deshidratación de los alimentos, etc.). Algunos linajes optarían por asimilar nuevas especializaciones, aumentando su poder con nuevos conocimientos, los que desbordaron las posibilidades de control social de los especialistas sacerdotes, ya que éstos se elitizaron posiblemente en el conocimiento agrícola más no en las actividades económicas complementarias.

La productividad alcanzada permitía a los campesinos contar con excedentes suficientes para canjearlos por alimentos complementarios y también por productos suntuarios. La demanda propiciaba el desarrollo de la oferta, obligando a los artesanos más hábiles a radicar cerca de los lugares de intercambio o mercado. De este modo, la producción artesanal empezaba a requerir trabajadores especializados.

El trueque, que en un principio se basó en el intercambio simple de productos para el sustento de los miembros de una misma aldea o de una familia extensa, en el marco de una economía autárquica, se volvió complejo, cambiándose productos provenientes de regiones distintas, sea de manera directa entre los productores o gracias a especialistas intermediarios (actividad que se conoce, por ejemplo, en lengua muchik como caefaereio), haciéndose imprescindibles las medidas de cambio y unidades comparativas. El ají, la sal, el mullo (*Spondylus calcifer* y *Spondylus princeps*) y otros productos, como piedras semipreciosas traídas de Colombia y Bolivia, o el cobre, se convirtieron en los primeros valores de compra o de cambio, adquiriendo un valor agregado por el uso y la demanda.

Surgieron barrios artesanales especializados. El mercado (los burgos andinos), la artesanía y el comercio adquirieron una presencia económica importante. Los artículos no sólo cubrían la demanda local, sino que también se comerciaban con otros valles.

La nueva economía superó a la organización tribal, requiriéndose una organización política más adecuada a las nuevas organizaciones productoras.

Los ayllus conservaron su poder social local, pero se hacía indispensable una estructura política que los unificara, que mantuviera el nuevo equilibrio.

No obstante, la nueva estructura social seguía dependiendo aún más de la economía agrícola, que fue su base y sustento; por ello era requisito continuar su desarrollo y ganar nuevas áreas de cultivo que asegurasen la continuidad de la dinámica social generada.

¿Cómo lograrlo si, dentro del valle, los bosques no facilitaban una agricultura extensiva?

La respuesta se encontró en las pampas cercanas que separan un valle de otro, gracias a la construcción de nuevos canales secundarios, bocatomas, tomas laterales, diques, mampuestos, acueductos, alcantarillados, desarenadores, aliviaderos y la continuidad de los canales madres iniciados siglos atrás.

En estos años se construyeron casi todos los canales que conocemos, muchos de los cuales se usan en la actualidad; otros cayeron en desuso durante los primeros años del virreinato.

Para su reconocimiento se partió de la escasa información bibliográfica.

### **Los canales**

Merecen especial atención: los dos canales laterales al río Tumbes, que van paralelos a éste durante casi todo su recorrido hasta el mar. Nacen en la toma del Estrecho del Tigre en ambas márgenes y corren al oeste, entre las lomas de Plateros y las lomas de Cabuyal, respectivamente, para terminar, el izquierdo, por Pueblo Viejo y la desembocadura de un ramal del río conocido como "Río Corrales", mientras el otro voltea a la derecha de la ciudad de

Tumbes y riega la pampa de Corral, alcanzando una longitud de setenta kilómetros cada uno calculándose un área cultivable de nueve mil hectáreas.

Otros canales notables son: el canal del Arenal, que capta sus aguas del Chira, cerca de Amotape, y el canal del Alto y Medio Piura, conocido como el “Canal del Inca” por los piuranos, con sus 150 kilómetros de longitud y 10 metros de ancho promedio de un extremo a otro en la base, de 4.5 metros de alto, de sección transversal trapezoidal con 4 metros de base, una pendiente de 1 x 1000, lo que hace un estimado de aforo de 20 m<sup>3</sup> por segundo (comunicación personal del Ing. Carlos Urbina Esteves, Mocupe, estudioso del canal Serrán). Este último traía agua desde la sierra de Huarmaca y del Chignia, afluente del río Piura, hacia las pampas de Pabur, Serrán, Huápales, Ñópala, Chulucanas y Malinquitas, pero está en completo abandono desde la colonia.

Los canales intervalles Raca Rumi I y II, con 60 kilómetros de longitud en promedio cada uno, llevan agua de los ríos Chancay o Lambayeque para irrigar tierras del valle La Leche o Jayanca. El Taymi transporta agua desde la Puntilla (río Chancay) hacia las pampas de Túcume (río La Leche) y Ferreñafe.

El canal del Chancay o río Reque a Pampa Grande, llamado también de Cucurreque que se divide en dos canales:

Uno que corre paralelo al río Reque hasta Eten, en su trayecto un ramal se bifurca para dejar agua en el reservorio de Collique, bordea el cerro de Collique, cruza la pampa de Cayaltí, se dirige hacia Saltur, corre con dirección sur por las faldas orientales de este cerro y las del cerro San Nicolás, voltea hacia el oeste regando la pampa de San Nicolás a través de tres canales secundarios que corren paralelos, a un kilómetro de distancia cada uno, con similares dimensiones (1,5 metros de alto, 1,5 metros de base y 2,5 metros de espejo). Estos canales van repartiendo el agua en el sector de pampa que les corresponde, botando la sobrante a una quebrada colectora, para ser trasladada a las pampas de Reque. El primero tiene un recorrido de treinta y cinco kilómetros, y tuvo bajo riego aproximadamente cuatro mil hectáreas. Este sistema aún conserva las canaletas de distribución y los surcos en un sector importante de la pampa.

El segundo parte de la misma toma del anterior, se dirige hacia el sur, pasa por la "laguna de Collique", cruza distribuyendo el agua por Pampa Grande o Pampa Collique y se une con el canal de Bocanegra a la altura de la toma de éste en el río Zaña. Tiene un recorrido aproximado de veinte kilómetros.

Un tercer canal es el Bocanegra, que parte del río Zaña, cerca del cementerio de Cayaltí, bordea el Cerro Corvacho, cruza la pampa de Cayaltí y las pampas de la Contarilla, terminando cerca del canal que se dirige a las pampas de San Nicolás.

El canal de San Nicolás (Mocupe – Zaña) parte de la toma del Cementerio de Cayaltí en el Zaña y corre paralelo, a 200 metros, con el canal que viene del reservorio de Collique, riega estas pampas con las aguas de los ríos Zaña y Reque o Chancay

El canal de Saltrapón (margen izquierda del río Zaña) recoge sus aguas en la toma de Puente de Fierro, corre paralelo al río en una cota de 200 m.s.n.m., voltea el Cerro Gavilán y riega las pampas de Mocupe, para dirigirse con dirección suroeste hacia las pampas de Chérrepe.

El canal de la pampa de Mata Indio (Mocupe), que recoge sus aguas de la misma toma anterior; pero corre con dirección sur este para regar las pampas bajas al este de Cerro Gavilán, Mata Indio y Cerro Colorado.

El canal de Talambo-Chamán-Zaña, que sacaba agua de la vieja toma de Huabal, hoy Gallito Ciego, regando las pampas de La Calera y Talambo, margen derecha del río Jequetepeque, cruza el pequeño río Chamán y luego por un sistema de diques y acueductos riega de manera directa las tierras de cultivo o las encausa por las quebradas (como la de Chorroca) hacia las pampas de Las Sandías, Cerro Colorado y Chérrepe. Este canal termina a cuatro kilómetros del río Zaña, haciendo un recorrido promedio de sesenta kilómetros, con una inclinación promedio de 1,5 metros por 1000. Aquí es notable el acueducto de Cerro Colorado, que tiene diez kilómetros de largo y una altura que llega en algunas partes a los 7,5 metros; cruza la quebrada Chorroca, que tiene un kilómetro de ancho, para terminar en una

quebrada por donde el agua es trasladada a las pampas de Chérrepe para regarlas por inundación, enriqueciéndolas con el limo que transporta el agua de "avenida" de verano en períodos de lluvias intensivas en la sierra.

En estos canales asociados a los ríos Zaña y Chamán se registra mayor frecuencia de cerámica Mochica o del Intermedio Temprano en superficie, e inclusive, como sucede en las pampas de Saltrapón, Mata Indio y Cerro Colorado, se encuentra cerámica del Formativo o Chavín.

Además, se descubren otros "canales" laterales en la margen izquierda del valle Jequetepeque, como: el canal de Tecapa – Cabur – Santonte – Cañoncillo, Farfán, La Calera, "Cruce" Pa Ñi, el "dique-acueducto" de las Pampas de La Barranca (margen izquierda del Este último dique da sus aguas a un acueducto que, como en el caso anterior, termina en una quebrada por donde se encausa el agua en épocas de abundancia hacia terrenos propicios para el cultivo por inundación, y está asociado a cerámica Moche, Cajamarca III y Lambayeque, mayormente (Siglos VI a XII). Además, los canales de Ventanillas, Cañoncillo, San Pedro y Puémape.

Es decir, todas las áreas marginales del río Jequetepeque, modelo que hemos tomado como estudio, hacen un total de 36 000 hectáreas. Área superior aún a la actual, que se ha desarrollado talando los bosques que existían en el interior del valle, abandonando las áreas dedicadas al cultivo prehispánico.

Más al sur encontramos el canal intervalle Chicama-Moche con un recorrido de 110 kilómetros, conocido en partes como canal Vichanzao, canal de Mampuesto, canal de La Cumbre, canal del Cerro Tres Cruces, Quebrada del Oso, cuya bocatoma en el río Chicama se denomina la "Toma del Troche" frente al pueblo de Sausal (260 m.s.n.m) en Pampas de Jaguey y distribuye el agua por las partes altas de la margen izquierda del valle Chicama, se dirige al sur regando las Pampas Lescano hacia los cerros de La Cumbre y Campana, próximos a Chan Chan, abre un canal secundario hacia las pampas de Río Seco y La Esperanza (Huanchaco). El principal, bordea Cerro Cabras, uniéndose con el canal Mochica Viejo o Vichanzao, de donde parte un canal

para regar las pampas de Chan Chan, alcanzando un recorrido de 74 kilómetros con un desnivel de 200 metros, lo que hace un promedio de inclinación de  $2,6 \times 1000$ . De Chan Chan se dirige hacia el río Moche, para totalizar el recorrido de 110 kilómetros.

Por la margen izquierda, del río Chicama, nace en la bocatoma El Tesoro, frente a causal el canal Catán que bordeando los cerros que besan el valle, riega las pampas de Faralá. En la misma margen nace el canal conocido como la "Acequia de Ascope" que corre paralelo al canal Catán para llegar al pueblo de Ascope hasta el reservorio de San Bartola o "El Alto de la Pichona".

Debemos mencionar también al interesante sistema de canales que obtienen caudal por filtración de corrientes internas como son los de Nazca y sus pozos en espiral que facilitan las labores para mantener limpio el cauce, felizmente en uso varios de ellos.

Además, existe una serie de canales laterales con sus diques y acueductos menores como el canal de Huasaquito, en Chao, el de Guadalupito, Lacramarca y Tambo Real, en Santa. Debemos mencionar la malla de canales en el valle medio de Lurín, en la cabecera del río (en la provincia de Huarochirí, Lima). Más al sur, el canal de la Achirana (Ica) del que se explican los iqueños por la leyenda de su construcción por el inca Pachacutec ante la súplica de la princesa de Tupe y que riega la izquierda del valle Ica con sus 30 kilómetros de recorrido, el mismo que nunca quedó abandonado. También reservorios como el de Boliche en el cerro Pilán, Piura, que asegura el riego a 20 Has; el reservorio de Talambo; los de Popán y Collique (Cayaltí); los de Zorritos y San Luis en la margen derecha del Zaña frente a Oyotún; el discutido reservorio de Ascope, construido en el "Alto de la Pichona", camino de Ascope a Facalá, con una taza de agua de 3 kilómetros de diámetro (dirección Este Oeste), cerrada por un macizo artificial de piedras, adobes y limo, con una altura de 20 metros y 1200 metros de cortina. Esta taza, enlazada con dos cerros, es alimentada por la Acequia de Ascope que tiene su toma de captación a 15 kilómetros en la toma de Troche, frente a Sausal.

No sólo es notorio el desarrollo de la técnica, sino, además, el sistema de siembra en una variedad de surcos adaptados a una diversidad de espacios y



niveles agrícolas para evitar la erosión y maximizar el aprovechamiento del agua.

El hecho es que ante la dificultad de la siembra por roza, los yungas respondieron conquistando las pampas marginales (hoy desérticas) de los valles, a las que enriquecieron con abonos naturales y protegieron de la erosión con una diversidad de surcos apropiados a las características de los distintos suelos y niveles.

En la sierra, la agricultura estuvo fundamentalmente basada en el riego por secano, aprovechando las laderas, controlando la erosión y ganando espacios aptos para la siembra con la construcción de un sistema de andenes que, por su amplitud podríamos llamar terrazas.

Además de estas terrazas existen canales de corto recorrido como el Kumbemayo, que cruza la divisoria continental, con una extensión de 10 kilómetros (un kilómetro corta la roca granítica del cerro). Además, existen sistemas de diques que aprovechan las pequeñas lagunas formadas por el agua de lluvias (ya que no existen nevados), las cuales al aumentar su volumen facilitaban la conducción del agua a través de canales hacia las planicies de los valles o, derivándolas mediante drenes, hacia las partes más bajas o a las laderas.

Los canales serranos prehispánicos son casi desconocidos por la arqueología y la ingeniería agrícola, a pesar de estar en pleno servicio muchos de ellos.

Existen canales en todo el departamento de Cajamarca, desde Cajabamba hasta Jaén, siendo los más conocidos los de Bambamarca, el Kumbemayo, Santa Cruz, San Gregorio, Hualgayoc, todos de difícil cronología y todavía utilizados.

Vale mencionar al canal Kutko de indiscutible factura prehispánica, que nace de las filtraciones de la laguna de Pariacayán en el sitio conocido como Luilorumi (piedra redonda) en la provincia de Cajatambo (Lima) a 3900 m.s.n.m. frente al nevado Huayhuash. Este canal colecta el agua de los distintos deshielos en una quebrada que los lugareños llaman en el idioma quechua local Llacutinco (encuentro de aguas). Corre serpenteando como un poema campesino, veinte kilómetros, hacia las tierras agrícolas de la

comunidad campesina de Utkas que se encarga de manera tradicional de mantenerlo operativo y con el que se benefician.

La comunidad tiene partida de nacimiento oficial con el Virrey Francisco de Toledo, el Conde de Oropesa, y desde entonces mantiene sus lazos tradicionales de igualdad interna, de reciprocidad, de propiedad común. En la actualidad el poblado es el mayor de todos en la región, no obstante no aceptan ser reconocidos como distrito “No queremos que vengan alcaldes ni jueces...” Es su deseo mantener sus estructuras de relación inalterables. Ello explica el mantenimiento que dan a su canal, al que reverencian como a una vena mítica.

En los terrenos de cultivo de la sierra, no existen vestigios de surcos prehispánicos, no pudiéndose confirmar su empleo; pero sí hay vestigios de herramientas de labranza apropiadas para este tipo de suelo. Tales herramientas eran instrumentos simples, adecuados para plantas de raíces cortas (como el maíz, por ejemplo), que no necesitaban una roturación profunda del suelo, como el azadón, la raucana o rocuana, la jallmana, la chinca de cuerno de venado, el allachu, la huactana, el huarmicpanan, la taclla, la pacpana o cuti, el bastón de sembrar, la chaquitacla y su complemento la chira o sichira, entre otros.

Estos grandes alcances de la comunidad agraria multiplicaron la producción y la productividad, y por consiguiente, los excedentes, los mismos que se derivaron, vía el intercambio de productos básicos y suntuarios a otros campesinos y artesanos y, vía tributos, a las castas de control, quienes reforzaron su poder con ejércitos regulares.

La ingeniería agrícola que perfeccionaba los canales fue la ciencia de punta para que esta economía no sólo mantuviera su dinámica, sino que la acelerara. Fue la respuesta eficaz y eficiente de aquella sociedad que superó a muchos pueblos, incluso actuales, que asumen el concepto de desarrollo desde el punto de vista moderno, pero que en los hechos actúan destruyendo el hábitat y condenando a las siguientes generaciones a heredar áreas desérticas mayores y ríos envenenados y estériles.

En este contexto aparece una economía artesanal que también logra avances muy significativos y cuya expresión requiere de un estudio mayor. En ella la cerámica y otras artesanías constituyeron un elemento de comercio que respondía a una demanda creciente y que rebasó la tradición o supervivencia de las costumbres locales, como expresión de una efectiva integración de las aldeas y linajes para construir una organización política superior, la tribu, y tal vez la autodefinición de pertenencia a una nación diferente.

Olvidados muchos, en uso algunos donde las comunidades campesinas conservan sus normas ancestrales, los canales caminan cruzando pampas, bordeando la cintura de los cerros, guardando el misterio de sus trazos. Algunos apenas conocidos, casi todos ignorados, no obstante nos advierten sus posibilidades.

Podríamos tentar un sin número de teorías para entender sus mensajes. Especulaciones académicas con peligro de apologías que no responden a la verdad necesariamente. Los canales fueron construidos con la perseverancia práctica de sociedades destruidas por la ignorancia y el tiempo. Cuando se les estudie con oportunidad y esmero, nos explicarán las formas simples con que respondieron las aldeas organizadas por objetivos comunes, con ideologías propias contestatarias a las demandas de su medio.

Frágiles, anónimos, se yerguen victoriosos a los años, o están cayendo con los frontales mercenarios de compañías constructoras buscadoras de canteras y utilidades fáciles; como si el pasado fue solo un contar de años, sin comprender que es un libro abierto de enseñanzas. Los canales son realidades humanas, sueños visionarios de un mundo diferente, de una sociedad generosa con los suyos, donde la circulación del tiempo los convertía en un eterno presente.

### **3.6 Características de los canales**

Las características de los canales o segmentos de éstos, que actualmente se encuentran abandonados en las pampas marginales de los valles Zaña, Jequetepeque y Chicama, áreas que hemos tomado para el presente estudio,

parecen ser comunes a todos los canales intervalles de la costa norte. Tales características sirven, además, como base para asumir hipotéticamente que los canales se diseñaron y construyeron empleando técnicas similares, es decir, los mismos conocimientos y conceptos. Pero los conocimientos agronómicos no fueron resultado de un proceso aislado, sino que constituyen el aspecto de uno más amplio que se manifiesta en el campo de la salud, de la arquitectura, de la producción, del arte, es decir, de la economía en general, en el contexto y relaciones de estas sociedades con economía agrícola.

Debemos considerar, primeramente, que para la construcción de un canal se requiere tener conocimiento previo de algunas variables importantes, como:

a - Volumen de agua que se va a conducir.

b - Probable longitud del canal.

c - El punto o los puntos de captación de las aguas y los probables puntos de entrega.

d - Extensión y condiciones o composición de los suelos a regar.

e - Características del terreno por donde se hará el tendido del canal:

- Tramos en laderas y en suelos llanos.
- Rocosidad, pedregosidad o naturaleza del suelo.
- Pendiente gobernadora.
- Variaciones fuertes de pendiente.
- Elección de rutas imaginarias (túnel, acueducto, caída, etc.).
- Rombos, elevaciones y distancias que pueden servir para seleccionar la probable ruta.
- Ubicación de puntos de referencia: Bancos de Nivel (BN) y Bench Marc (BM).
- Estacado de algunos puntos auxiliares para el trazo preliminar.
- Polígonos, trazos de curvas circulares.

f - Datos climáticos de la zona.

g - Naturaleza fisiográfica de la zona.

h - Fuerza laboral requerida.

i - Planos de referencia (con curvas de nivel bien detalladas).

j - Tipos de canal (de conducción o de distribución).

k - Geometría del canal.

l - Otros (estudios geológicos, suelos, vegetación, hidrología, salinidad, etc.).

Dada la magnitud así como la durabilidad de los canales, estas variables debieron ser conocidas por sus constructores previamente al tendido; no de otra forma nos explicamos la geometría del canal, selección de materiales, medidas topográficas y métodos de control hidráulico utilizados, los mismos que les permitieron alcanzar una eficiente conducción del agua, lo que evidencia niveles de una ingeniería desarrollada.

En caso contrario, la construcción del canal podría haber sido progresiva, a medida que aumentaba la necesidad de nuevas áreas de cultivo, hasta alcanzar la extensión y el volumen que les conocemos, modificándose constantemente. Es decir, habría sido una construcción funcional, gradual, de "error-aprendizaje".

Sea lo que fuese, el hecho es que esta información sólo pudieron obtenerla de dos modos posibles: previamente a la construcción, o durante el proceso mismo de la construcción. Veamos algunos alcances:

### **3.6.1 Ubicación y longitud**

La longitud del canal depende de la ubicación y extensión del área a regar, así como del caudal considerado necesario. Los dos canales que corren a ambos márgenes del río Jequetepeque tienen su punto de captación o bocatoma en la cota 211 m.s.n.m., y lo mismo sucede con los canales de Chicama, Reque y del Zaña, deslizándose por las faldas altas de los primeros contrafuertes que miran a las pampas, hacia donde llevan el agua.

Tomemos como ejemplo la distancia y ubicación de los dos canales laterales del río Jequetepeque:

El canal de Talambo, llamado también "Acequia de Talambo", tiene una longitud total de 60 kilómetros, nace en la margen derecha del río, cerca al caserío de Huabal donde tenía su bocatoma, y corre diez kilómetros con dirección oeste hasta La Punta del cerro Talambo. Luego toma la dirección norte y pasa por el sitio arqueológico de La Calera de Talambo, lugar de control hidráulico y ocupación continua desde el Formativo o "Cultura Chavín".

Continúa en el nivel de los 150 m.s.n.m. hasta llegar al río Chamán, al que cruza en el sitio llamado “Siete Compuertas”, para seguir por siete kilómetros en el nivel de los 127 m.s.n.m. hacia la quebrada Chorroca.

De “Siete Compuertas” sale un canal que recibe aguas de otro que viene del este (El Mirador y San Gregorio); corre paralelo al río con dirección oeste por tres kilómetros, cruza el algarrobal de Moro y de allí voltea hacia el norte, pasa cerca del pueblo de Pacanguilla y entra a la pampa de Cerro Colorado. Después de un recorrido de ocho kilómetros, salen de este canal uno secundario con dirección noroeste hacia la pampa de Chérrepe y el dique acueducto “más largo del Perú” de diez kilómetros de longitud y que, corriendo paralelo al canal principal, da sus aguas a la quebrada de Chorroca. El canal principal continúa con dirección norte para voltear a tres kilómetros de Mocupe hacia las pampas de Chérrepe, como lo hace el canal de Saltrapón que viene del norte (Zaña).

Cabe anotar que la pampa tiene una topografía que nos explica el trazo del canal casi al centro de la misma, al tener a ambos lados una inclinación del 2% tanto hacia el mar (oeste) como hacia las faldas y quebradas de los contrafuertes (este) y hacia Zaña (norte).

El canal de Tecapa nace en la margen izquierda del río, frente a la bocatoma del canal de Talambo, en la misma cota de éste (211 m.s.n.m.), cerca de la hacienda Tolón (Pampa Guanábano) corre en dirección oeste con el nombre de “Acequia Baja”, pasa las pampas de Pitura y Santa María, de donde un ramal se dirige a Cabur y otro hacia Santonte, bordea el cerro Santonte y se dirige hacia el monte de Cañoncillo. Tiene una longitud de 25 kilómetros.

### **3.6.2 Curvas**

Las curvas de los canales madre o principales son abiertas, primando al parecer la intención de mantener el nivel por sobre la direccionalidad para acortar distancias, ya que ésta les hubiera demandado trabajo de mampuestos y a su vez provocado mayor velocidad del caudal.

Para enlazar los tramos rectos, ellos se diseñaron con un arco de curvatura circular fácilmente demarcable, trazado por el principio del compás y utilizando una cuerda, la que al girar sobre el centro de curvatura une los tramos rectos.

En los canales secundarios o de distribución, las curvas son cerradas, de 90 grados generalmente, es decir, con sus lados rectos formando una escuadra.

### **3.6.3 Tipo de flujo**

Considerando las variaciones del área mojada, tirante promedio, pendiente y rugosidad del suelo de los canales y su relación con la longitud de los mismos, podemos plantear que el tipo de flujo que tenían (Chicama - Jequetepeque - Chamán, Zaña - Reque) durante las temporadas de avenida (meses de diciembre a marzo) era de régimen uniforme. No se encuentran segmentos importantes de los canales que ofrezcan características de grandes variaciones en la velocidad.

El control del flujo se logró gracias a una pendiente no muy pronunciada, casi rasante, que además constituía un factor determinante para la longitud del canal; pero también se alcanzó tal control aumentando o disminuyendo el área mojada, hasta llegar a niveles donde la velocidad del agua no era inferior a la mínima permisible.

Como los canales principales tenían un régimen subcrítico, su flujo no era veloz. Posiblemente, dadas las condiciones descritas, éste debió ser de 2 - 4 metros por segundo, a excepción del canal de Serrán (Piura), que se supone tenía un flujo mayor (no sobrepasando las velocidades máximas recomendadas para los diseños de canales en la actualidad). De este modo se evitaba la erosión por los materiales con que estaban contruidos. Además, esto nos estaría indicando que en el diseño se tuvo presente el criterio de no exceder la velocidad permisible, para no provocar la erosión del canal, ni bajar o la velocidad mínima, evitando la sedimentación.

### **3.6.4 Pendiente de la rasante**

Como es natural, la pendiente no es homogénea a lo largo del recorrido, aunque se observa la intención de mantener una inclinación constante, la misma que se logra en largos segmentos especialmente en la pampa. La pendiente es mayor al inicio del canal, con la tendencia a tener la misma inclinación que la del terreno (como es natural porque los desniveles en la

garganta del valle son más pronunciados) con un promedio de 2,5 %. En el segmento de pampa, la pendiente es muy cercana a la horizontal, con un promedio aproximado de 0,5%, para nuevamente aumentar al término o en los canales de distribución secundarios construidos a tajo abierto que se dirigen al litoral, con una pendiente promedio de 1%.

Estas características observadas en los canales de los valles Chicama, Jequetepeque, Zaña y Reque, parecen repetirse en los demás canales. Esto se debería a que los constructores aprovecharon los desniveles o pendientes naturales, tratando de manera artificial de reducirla en los segmentos muy pronunciados.

Estas pendientes, comparadas con las que se recomiendan en la actualidad, considerando los materiales con los que fueron construidos los canales, están siempre dentro de los rangos permisibles.

### **3.6.5 Rugosidad**

La rugosidad del piso o del fondo del canal depende del material que se utilizó para su construcción. No es fácil llegar a formular algunas normas, debido a las condiciones actuales de los canales, cubiertos por arrastres eólicos y sólo observables en algunos espacios cortados por escorrentías periódicas o en temporadas de lluvias intensas durante los eventos de El Niño. No obstante, por las características del fondo, las paredes laterales en talud y su sección compacta, la resistencia debió tener un coeficiente medio, normal, adecuado; de ahí también la sección homogénea del lecho plano de los canales, a excepción de los sitios con pendiente pronunciada, donde debieron deformar el lecho, ya sea ampliando el canal, colocando grandes piedras en el interior, acanaladuras en la base o tal vez sembrando en las paredes o taludes.

### **3.6.6 Estabilidad**

Las secciones transversales trapezoidales predominan en los canales madres o principales que fueron construidos a nivel. Estas secciones presentan en sus paredes taludes de alrededor de cuarenta a cincuenta centímetros de inclinación por cada metro de altura. En algunos segmentos o tramos, donde el



acueducto cruza la quebrada o descansa sobre terrazas artificiales, al entrar en curva parecería haberse considerado el "peralte", es decir, presenta en el piso una inclinación de hasta diez grados hacia la izquierda o derecha, según la dirección de la curva considerada para controlar la velocidad del cauce. Asimismo, los taludes aminoran su inclinación, posiblemente para disminuir la velocidad del caudal angostando el lecho.

### **3.6.7 Sobrecarga**

Frente a imprevistos, como sobrecargas eventuales, se construyeron canales de derivación para conducir el agua sobrante hacia las quebradas, por donde se la encauzaba a terrenos apropiados para ser regados por inundación. Estos canales de derivación servían también como desarenadores al conducir el limo o material de arrastre hacia áreas de cultivo temporales. Ejemplo de ello son los diques acueductos de Cerro Colorado, en Chepén, y el pequeño de la pampa de La Barranca, en Guadalupe.

### **3.6.8 Elementos del canal**

- Bocatoma o punto de captación.  
Sitio escogido en cuya construcción intervinieron dos variables principales: la longitud o recorrido que debía tener el canal y la profundidad del cauce del río.  
Existen varias técnicas de construcción para desviar agua del río al canal. Una de ellas consiste en emplear un muro de desviación construido de piedra y arena, y otra es la de las "bocatomas rústicas" construidas atando palos en forma de trípode, sostenidos por piedras que se proyectan dentro del cauce del río. Estas últimas son las más frecuentes. En la actualidad algunas comunidades aún continúan empleando éstas tomas rústicas.
- Canal madre o principal.  
Es el canal que nace de la bocatoma (estructura de captación) y corre por los niveles más altos o en las faldas de las estribaciones, repartiendo su caudal a los canales secundarios.
- Canales secundarios o de derivación.

Son canales que salen o nacen del canal madre y reparten el agua a los terrenos de sembrío, distribuyéndola a través de canales menores. Su caudal es controlado por medio de compuertas “rústicas” construidas con palos, paja y barro.

- Surcos.

Se utilizaron con el objetivo de evitar la erosión del suelo agrícola, y tuvieron una diversidad de formas. Respecto a su cronología, el arqueólogo Carlos Deza Medina (1997) nos propone una interesante secuencia partiendo de sus estudios en la pampa La Esperanza (Trujillo), señalando que encuentra asociación arqueológica en dos grandes momentos. Si bien el trazo de los surcos responde a la experiencia agrícola y expresa una continuidad cronológica, también puede tener explicación por las características de las áreas de cultivo. A fin de lograr que el agua alcanzara a profundizarse en el suelo, los trazaron horizontales siguiendo los niveles de las laderas; curvos, oblicuos y alternos en laderas de regular curvatura e inclinadas; y sin distribución en espacios regulares de laderas muy inclinadas ( $60^\circ$  ó más) y con capa de suelo arable muy irregular. En las grandes planicies utilizaron surcos en “meandros” o en forma de “u”, “c”, “m”, “s”, etc., aunque, claro, en las planicies abiertas o espacios aluviales es correcta la propuesta de Deza. Según el grado de percolación o tipo de suelo, se registran hasta 18 tipos de surcos de diversa magnitud.

- Diques o represas.

Constituyen una estructura hidráulica de retención de agua. Hemos observado en las laderas occidentales de los primeros contrafuertes pequeñas represas de recolección de agua de lluvias. Del dique sale un canal que lleva el agua hacia una quebrada para conducirla a pequeñas planicies aluviales, irrigables en épocas de lluvias intensas o avenidas extraordinarias, como el pequeño dique colector en las faldas oeste del Cerro Azul o Murciélago (Guadalupe, La Libertad), que las canaliza por un acueducto hacia una quebrada para llevarlas a la parte baja y sembrar con la técnica de “avenida”.

- Compuertas.  
Son una estructura de retención y derivación de agua que a la vez puede servir como un medidor de caudal. Existen diversas técnicas de construcción a las que se les denomina rústicas.
- Canales de desagüe.  
Son acueductos que recibían agua de derivación del canal principal, en temporadas en que el caudal constituía un peligro para su seguridad o ante el riesgo inminente de inundaciones para los terrenos de cultivo. Esta agua no era desperdiciada y se la conducía por estos canales para arrojarla a las quebradas, desde donde inundaban terrenos aptos para la siembra, a los que remojaban y enriquecían con el limo transportado.
- Acueducto.  
Conducto artificial elevado utilizado para transportar el agua y cruzar depresiones pronunciadas o quebradas, manteniendo el nivel del canal, como el que cruza la quebrada de Chorroca, la quebrada de El Oso en Chicama, el de Mampuesto en Trujillo, y otros.
- Terraplén.  
Macizo de tierra con que se rellena una depresión u hondonada, para mantener el nivel por donde se construye el canal.
- Terrazas.  
Elevación artificial de terreno que mantiene un nivel constante. Generalmente es un muro que corre pegado a la falda del cerro y que sostiene un relleno artificial para evitar su reducción. Cuando el canal requería alturas mayores a los cinco metros, y dependiendo de la inclinación de la ladera o falda del cerro, se construyeron una sucesión de terrazas para darle mayor estabilidad, como se observa en el canal intervale Chicama – Moche.

## 4 Uso del Agua en la Lima Prehispánica

El valle donde hoy se asienta Lima, la capital del Perú desde varios siglos antes de su fundación española, formaba parte de una red de señoríos costeños y un complejo agrícola muy productivo que, en el siglo XVI, pertenecía a los Taulichusco. El río que atraviesa la ciudad tenía más de 300 metros de una orilla a otra. Y hace solo un siglo era 100 metros más ancho que en la actualidad. Ese caudal fue aprovechado desde que Lima era una urbe preíncica con enclaves dispersos entre sí.

Los registros históricos no reportan información sobre la forma de vivir y hábitat de los Taulichusco. En el momento de la conquista española el Señorío de Ichma o Pachacamac se extendía sobre los valles bajos del río Rímac y Lurín, contaba con 150 000 habitantes y el curacazgo de Rímac (parte del señorío de Ichma) con 20 000 pobladores. Hacia la zona Norte de Lima, se desarrolló el Señorío de Colli, en el valle del río Chillón. En toda esta zona, básicamente agrícola, se desarrollaron una serie de canales pequeños denominados “acequias” y caminos para interconectar los diferentes curacazgos, que le debían sus nombres por lo general a las acequias y/o ríos que los limitaban.

Como lo refiere el historiador Juan Luis Orrego Penagos, el extenso y rico valle del Rímac, con la llegada de los españoles, se iría transformando y acogería a diversas reducciones o pueblos indígenas rurales y a muchas haciendas regadas principalmente por los canales o “acequias” que salían del río Rímac, como:

1. El llamado “río” Magdalena, cuya toma se encontraba detrás de la actual ubicación del Palacio de Gobierno, que regaba la zona nor-oeste del valle.
2. El llamado “río” Huatica, derivado del Rímac, a la altura del espolón nor-este del Cerro San Cristóbal.

3. El llamado “río” Surco, el más caudaloso de los tres canales y que se originaba frente a la antigua población de Lati, el actual Ate-Vitarte. Después de un largo recorrido, regaba todo el antiguo Surco, desde Limatambo, hasta las estribaciones de los cerros de Lurín, o sea el área correspondiente a los actuales distritos de Miraflores, Barranco y Chorrillos. La actual vía expresa sigue su ruta.

La cuadrícula inicial de la fundación española de la ciudad de Lima, fijada en 13 por 9 manzanas, de las 117 islas, sólo 62 resultaron exactamente cuadradas y encontrada en ángulos de noventa grados, como mandaban los canones urbanísticos de la época, ya que las demás tuvieron que amoldarse a la geografía existente. En la figura 14 se muestra el plano descriptivo de la ciudad de Lima y Puerto del Callao. En el esquema se puede observar la ciudad amurallada, rodeada de campos de cultivo y sus respectivos caminos de comunicación, se nota claramente el río Rímac desembocando hacia el mar, las naves en el mar frente a la Fortaleza del Real Felipe.

Es así que el centro de Lima actual fue construido sobre el sistema de riego de origen Maranga que incluía la bocatoma ubicada detrás del actual Palacio de gobierno y la del canal de Huatica. Con el objetivo de llegar a la bocatoma del río Huatica y a los valles vecinos, los Carangas construyeron dos caminos que hoy en día forman los jirones Junín y Ancash.

El “río” Huatica o acequia de la Ciudad. Este canal fue usado presumiblemente desde el año 1000 d.C. por los curacas locales para fertilizar las tierras en las que 500 años después se fundaría la Ciudad de los Reyes. Como lo anota Fernando Flores-Zúñiga (Haciendas y pueblos de Lima: historia del valle del Rímac, vol. 1), el canal regaba los campos limitados entre los que es hoy Maranga y Surco-Ate a través de una red de acequias menores hasta desembocar en los acantilados de la actual Marbella. Hacia la segunda mitad del siglo XVIII, esas acequias sumaban 17, siete de ellas inscritas dentro del casco urbano.



Figura 13. Mapa Descriptivo de la Ciudad de Lima y Puerto Callao<sup>19</sup>.

<sup>19</sup>Biblioteca Nacional de España. <http://www.bne.es/es/Micrositios/Guias/12Octubre/MapasAmerica/GaleriaMapas/DetalleImagen27.html>



Usado en ciertas zonas hasta casi la tercera década del siglo XX, el “río” Huatica explica la fértil condición del suelo limeño y fue la base del paisaje agrario que tuvo Lima hasta la modernización urbana emprendida desde los tiempos del presidente Leguía, hacia la década de 1920. El Huatica regaba a las haciendas y chacras que se ubicaban en los que hoy es La Victoria, Santa Beatriz, Jesús María, Lince, San Isidro, Oromía y Santa Cruz.

Pero las aguas del Huatica no sólo sirvieron para regar haciendas. Por ejemplo, la ubicación que actualmente tiene la Casa Nacional de Moneda (Junín con Paruro en el centro de Lima), data desde 1683, año en que el entonces virrey, Melchor de Navarra y Rocaful, duque de la Palata, adquirió dicho solar para la Casa de Moneda de Lima, que usó las aguas del río Huatica como fuente de energía para el proceso de fabricación de monedas.

Desde la huaca-palacio de Taulichusco "El Viejo", situada en la Plaza Mayor - donde se levanta el Palacio de Gobierno o Casa de Pizarro-, se disponía del agua de regadío para los siete canales principales -también llamados ríos- que alimentaban las 21 mil hectáreas del valle del Rímac. Desde allí se decidía el flujo de las bocatomas de los ríos Bocanegra y Piedra Lisa (que irrigaba la margen derecha del Rímac) y las de los ríos Huatica y de la Magdalena, que servían a la margen izquierda. Unos cuantos kilómetros hacia el este, en la zona hoy conocida como La Atarjea, había otra bocatoma para irrigar Lurigancho y, un poco más al este, se empalmaban el río Ate y el Surco para regar la margen izquierda, así como el ramal que servía a la margen derecha de Cajamarquilla y Huachipa.

Siguiendo la descripción del trazo de los canales se ha tratado de plantear su ubicación en la Lima actual, que se muestra en la siguiente figura. Se pueden distinguir los tres ríos principales de izquierda a derecha, el Chillón, Rímac y Lurín. En achurado rojo los límites de la ciudad de Lima fundada por los españoles, situada en la margen izquierda del río Rímac.

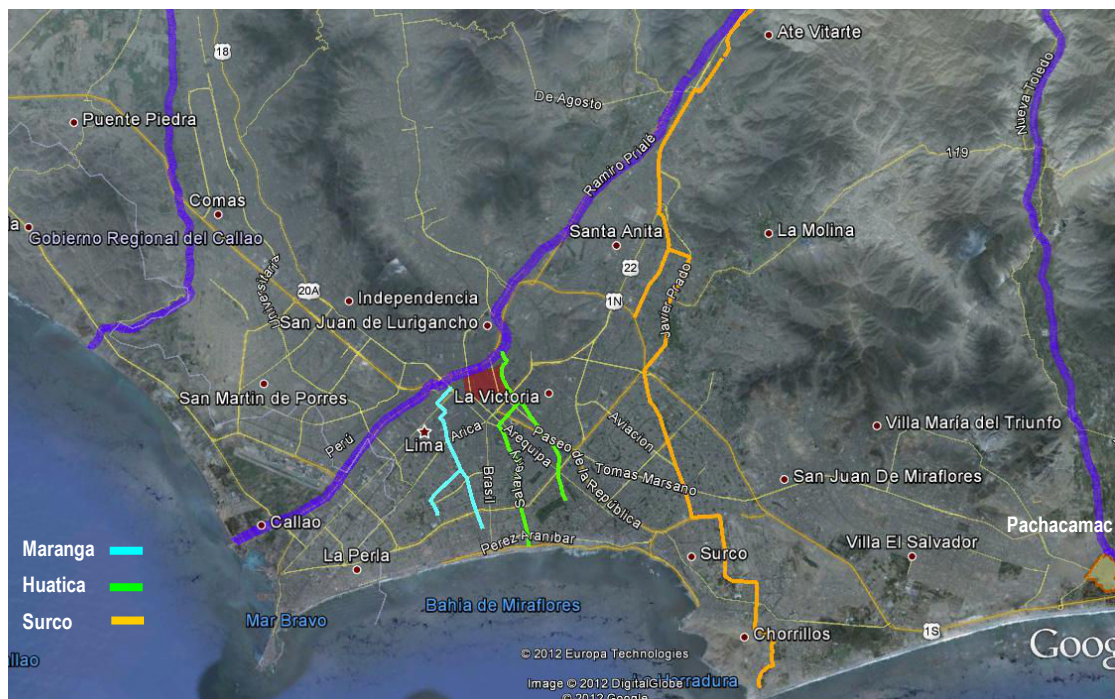


Figura 14. Ubicación de los Centros Importantes de la Lima de 1534, sobre la imagen satelital de la Lima actual<sup>20</sup>.

Así mismo se puede apreciar uno de los centros principales precoloniales, el Santuario de Pachacamac, ubicado en la margen derecha del río Lurin.

Es así como la ciudad de Lima se desarrollo sobre la base de una serie de acequias y caminos que han modelado su arquitectura urbana, y que han servido para plantear la infraestructura principal de la ciudad, así la planta de tratamiento de agua SEDAPAL, se encuentra aguas abajo de la bocatoma del río Surco.

<sup>20</sup> Elaboración propia



## 5 Referencias bibliográficas

- CONCYTEC (1986). Andenes y camellones en el Perú andino: Historia presente y futuro. 2da Edición, Lima.
- Delfina Vincenti, Rita (2004). Revista Geográfica - Enero.
- Delgado Gutarra, Louis Enrique (2003). Estudio de las Galerías Filtrantes de Nazca. Tesis. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Deza Rivasplata, Jaime (2005). El agua de los incas: Sistemas de riego en el Perú prehispánico. Universidad Alas Peruanas.
- Dirección de Hidrografía y Navegación. Marina de Guerra del Perú. Fenómeno El Niño. (2011). Informe Especial [PDF]. <http://www.dhn.mil.pe/> [2010, Jun. 02].
- GWP – Perú, “Hacia una gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el Perú”, agosto 2004.
- INEI, (2010). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2010.
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2008). Documento IV. El Cambio Climático y el Agua. OMM. PNUMA.
- Kalipedia (2010). Enciclopedia Online. Geografía de Perú- Geografía Física [Online]. <http://pe.kalipedia.com/geografia-peru/> [2010, Jun. 02].
- Mendoza Raúl. El Pasado de Lima - Diario “La República”. 16.08.2009.
- Orrego Penagos, Juan Luis. “El río Huatica”. 06.07.2009. <http://suqanga.lamula.pe/2009/07/06/el-rio-huatica/>
- Parra, Oscar y otros (2003) Conceptos Básicos sobre Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. INET - GTZ
- Rocha, Arturo (1993). Recursos Hidráulicos. Capítulo de Ingeniería Civil, Consejo Departamental de Lima, Colegio de Ingenieros Del Perú.
- Rocha, Arturo (1996). Agua para Lima en el Siglo XXI. Capítulo de Ingeniería Civil, Consejo Departamental de Lima, Colegio de Ingenieros Del Perú.

- Rocha, Arturo (2000). “El Impacto del Fenómeno de El Niño en las estructuras hidráulicas”. En El Ingeniero Civil Revista N° 116 Mayo – Junio 2000. Ponencias del I Foro Regional de Ingeniería Civil del Norte Peruano. Capitulo de Ingeniería Civil, Consejo Departamental de La Libertad, Colegio de Ingenieros Del Perú.
- Rocha Arturo (2003). “La Ingeniería Frente al Fenómeno de El Niño”. En Ingeniería Civil – UNI- Revista Técnica. Año 01-Edición 01.
- Rodriguez Zubiato, Edgar (2003). “Las Galerías Filtrantes de Nazca” en Revista Técnica N°30 del Capitulo de Ingeniería Civil. Colegio de Ingenieros del Perú.
- Vargas Olivera, Fernando Omar (2005). Galerías filtrantes y canales subterráneos de Nazca. Tesis. Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Unesco. The United Nations World Water Development Report 1: “Water for People, water for Life” (2003).
- Unesco. The United Nations World Water Development Report 2: “Water a Shared Responsibility” (2006).