

HIDRAULICA COSTERA PREHISPANICA

Santiago E. Antúnez de Mayolo R.

A: Ciro Alegría Amézquita, excelente camarada de labores, de quien recibí apoyo y aliento para los estudios que efectuaba.

I. TECNOLOGIA HIDRAULICA INCA

Cuando se constata que las culturas pre-incas alinearon la ubicación de sus ciudades mediante triangulación astronómica (Ebeneth 1981) y que el valor Pi (3.1416) fue conocido por tales culturas (Milla 1982), así como la sección de los canales fue construida con valores supercríticos, críticos y sub-críticos, observados en la tecnología contemporánea, y que, aún más, emplearon complejas elucubraciones matemáticas para instruir a los numerosos picapedreros que simultáneamente tallaron los planos a distintos ángulos que deberían tener cada una de las piedras que luego serían ensambladas, para permitir la liberación de los esfuerzos de los más severos movimientos sísmicos; nos lleva a reconocer el gran adelanto que en cálculo llegaron a tener los antiguos peruanos, constituyendo una pérdida para la humanidad que tales conocimientos no pudieran ser captados por los hispanos (Antúnez 1984).

Sería, además, pueril pensar que no llegaron a utilizar la estadística para resolver diversos problemas, cuando disponían de ábacos de cálculo y registraron en los quipus los más mínimos objetos, como por ejemplo, lo que los Curacas de Jauja entregaron a Pizarro.

El empleo de tales medios con el auxilio de los ábacos, les debió permitir formular modelos estadísticos de previsión de clima, los que serían ajustados con coeficientes proporcionados por los indicadores de meteoros, flora y fauna. Tal modelo les facultaba saber con cierta probabilidad y anticipación el tratamiento que debían dar a los caudales y la distribución que se daría a las aguas, a fin de no crear favoritismos entre los diversos ayllus, así como entre los componentes de éstos (Antúnez 1976).

Cieza refiere que llegando a las orillas de un río no habían terminado de levantar sus carpas cuando el lecho quedaba seco, por haberse derivado las aguas a otra parte para el riego, y a la inversa, no poder cruzar el río por haberse roto todas las presas, dejando que el río discurriera naturalmente.

La tecnología hidráulica inca permitió manejar los ríos cual acequias de riego, pues eran desviadas a otros lugares, bien fuera para obligar a los régulos a someterse por falta de agua para beber o cultivar, o para impedir que los enemigos pudieran vencerlos.

Para efectos de riego es casi siempre indispensable obligar a las aguas a que ingresen a los canales, para lo que se eleva el nivel de las aguas mediante presas.

La tecnología moderna, para construir tales presas, busca las gargantas más angostas, rocosas o de conglomerados, a fin de enclavar sus sólidos parapetos.

Los incas buscaron los lugares más explayados y, a ser posible, que el suelo fuera de cantos rodados o de arena, para construir su "coyana" (tapa, tajamar o presa).

La presa nativa es flexible y modulada, y trata sólo de elevar el nivel de las aguas hasta que colmen la capacidad de sus canales. Su técnica constructiva simple pero eficiente no ofrece un ataje total a las aguas, y las masas que exceden a la capacidad de los canales fluye suavemente a través del material de los barrajes y encima de ellos.

En los eventos de los Grandes Niños, las presas monolíticas o los puentes son destruidas o inutilizadas, por haber sido bajo dimensiones o haber sido flanqueadas al abrirse el río un nuevo cauce, dejando inutilizadas las obras. En ambos casos, toda la costosa infraestructura queda inutilizada y debe ser reconstruida a un costo sumamente alto y dilatado tiempo; mientras tanto, los campos quedan agostados y el problema de falta de alimentos se agudiza, acentuando el cuadro de miseria que resultara de los de-

sastres y falta de subsistencia.

Las presas, según la tecnología inca, son fáciles de construir, así como de ser destruidas por crecientes extraordinarias que lleven árboles, piedras, etc.

Ríos como el Tumbes, Chira, Piura, Santa, etc., fueron antiguamente represados para derivar sus aguas hacia los enormes canales de regadío.

Ayer como hoy, el trabajo de los campesinos puede volver a utilizar los sistemas de derivación pre-colombinos y, con una módica ayuda económica, el Estado podría ampliar la superficie cultivada en la Costa dentro del corto plazo, lo que jamás podrá realizar si es que pretende aplicar la tecnología convencional contemporánea, aun cuando dispusiera de los recursos económicos, los que sensiblemente no existen.

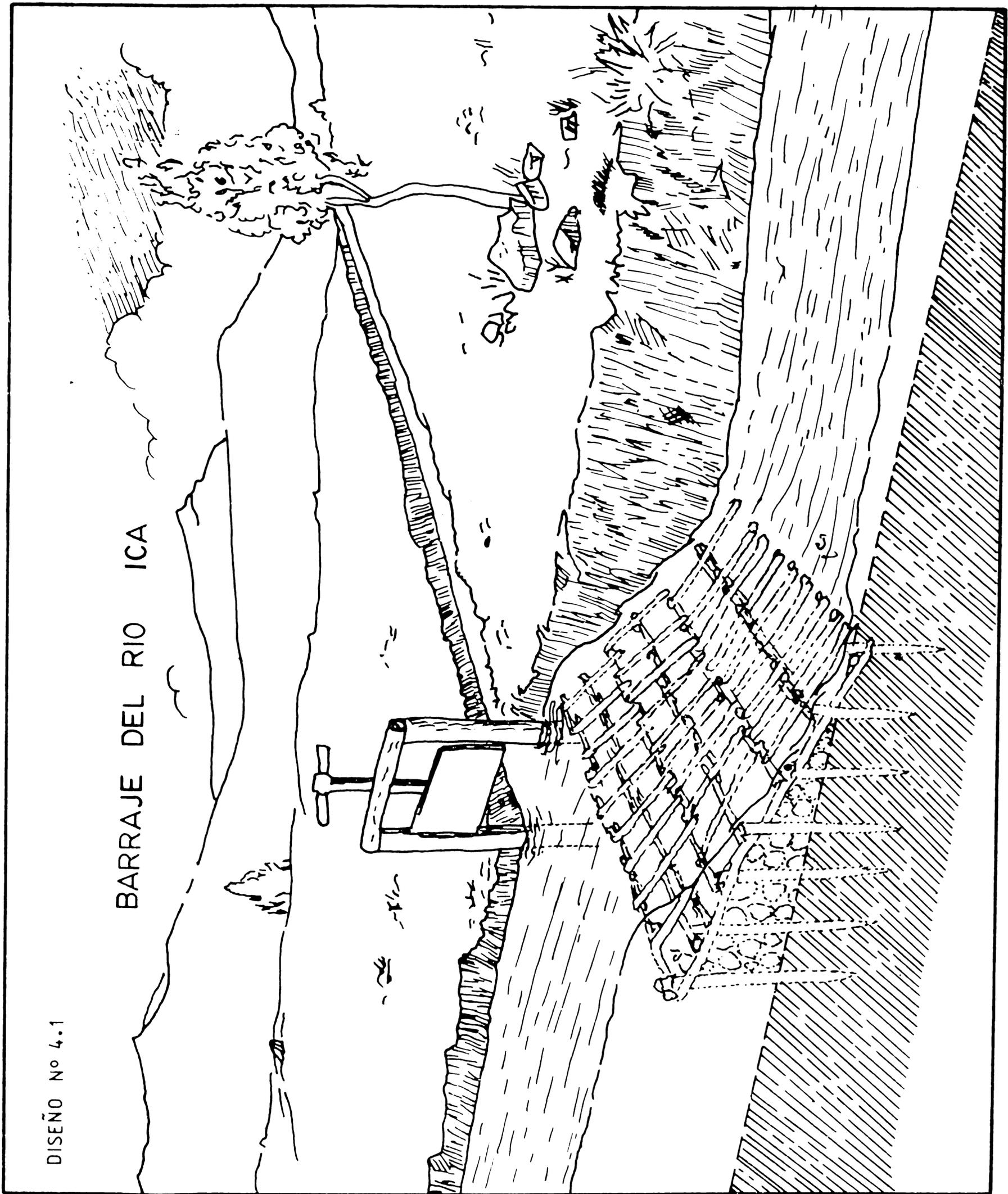
1.1 Presa, cayana, tapa, tajamar

Se usaron dos tipos de presas para derivar las aguas a ríos de grandes caudales y de alta velocidad de sus aguas.

Para derivar las aguas del río Ocucaje, es decir, uno típico en que el río discurre sobre un suelo franco arenoso, se suele hincar a la profundidad de una brazada (dos sirvas, aproximadamente 1.60 mts.) un tronco que sobresalga en la primera hilada una sirca (80 cm., medida de la mano a mitad del tórax). Esta primera hilada se construye en alineamiento perpendicular al eje del río, en cada sirca se intercalará otro tronco hasta cerrar el lecho del río. Detrás de la primera hilada se construirá una segunda, cuya altura que sobresale será inferior, y así sucesivamente hasta que la última, generalmente la séptima hilada, quede al nivel del lecho del río. Se amarran entre sí todos los pilotes con troncos colocados en posición horizontal, en sentido paralelo y perpendicular al eje del río. En igual forma se hará en el coronamiento, sólo que éste mostrará un plano inclinado.

Estos amarres forman celdas que serán rellenas con piedras grandes.

Al discurrir las aguas, su nivel se elevará y penetrará en los canales de aducción; el exceso de agua rebasará la cresta y descenderá sobre el plano inclinado, y al acaecer nuevamente a su lecho no producirá un efecto de socavamiento, debido a que los troncos superiores romperán la velocidad y la presión del agua deter-



minará que, por los intersticios de las piedras de rellenos, el agua salga efectuando un empuje de levante, tanto sobre el plano inclinado como en la base, efecto con el cual se evita en gran parte la acción erosiva que de otra forma se produciría.

La Ilustración No. 4.1 grafica esta forma de construcción.

Otra forma de derivar las aguas se usaba en Huamba (Aija). El lecho del río Huarmey es de grandes cantos rodados, por lo que no se puede hincar los pilotes moviéndolos como se hace en la arena; por esta razón las piedras son retiradas hasta cierta profundidad, para dar asiento a los troncos que se usarán para formar el baraje o mampuesto. En este tipo de construcción los troncos no siguen la posición vertical, como en el caso de Ocucaje, sino que se emplean 3 troncos que se hincan, adoptando la posición de “pirámides trifaciales”, cual común “pabellón”, es decir, que en su base se forman las esquinas de un triángulo y en la parte superior se amarran entre sí los troncos, prolongándose hacia arriba unos cuantos centímetros, formando invertido triedro trunco (Ver Ilustración No. 4.2).

Estos “pabellones” de troncos iban adosados y formaban alineamiento perpendicular al eje del río.

Sobre estos “pabellones” y a unos dos tercios de su altura, se amarraban hileras de troncos que seguían el alineamiento perpendicular al lecho del río, tanto en la cara que enfrentaba el río como en la cara posterior; esta especie de enrejado se rellenaba con piedras grandes, formando el conjunto un parapeto trapezoidal de truncado. El exceso de agua pasaba sobre el plano superior y el lecho de piedras del río amenguaba el efecto erosivo de bajada de las aguas excedentes.

Años más tarde, con la creciente del Gran Niño de 1925, este mismo sistema se empleó para construir los mancarrones o atajos que se hicieron, con el fin de que las crecientes del río de Huarmey no siguieran destruyendo los predios ribereños de cultivo.

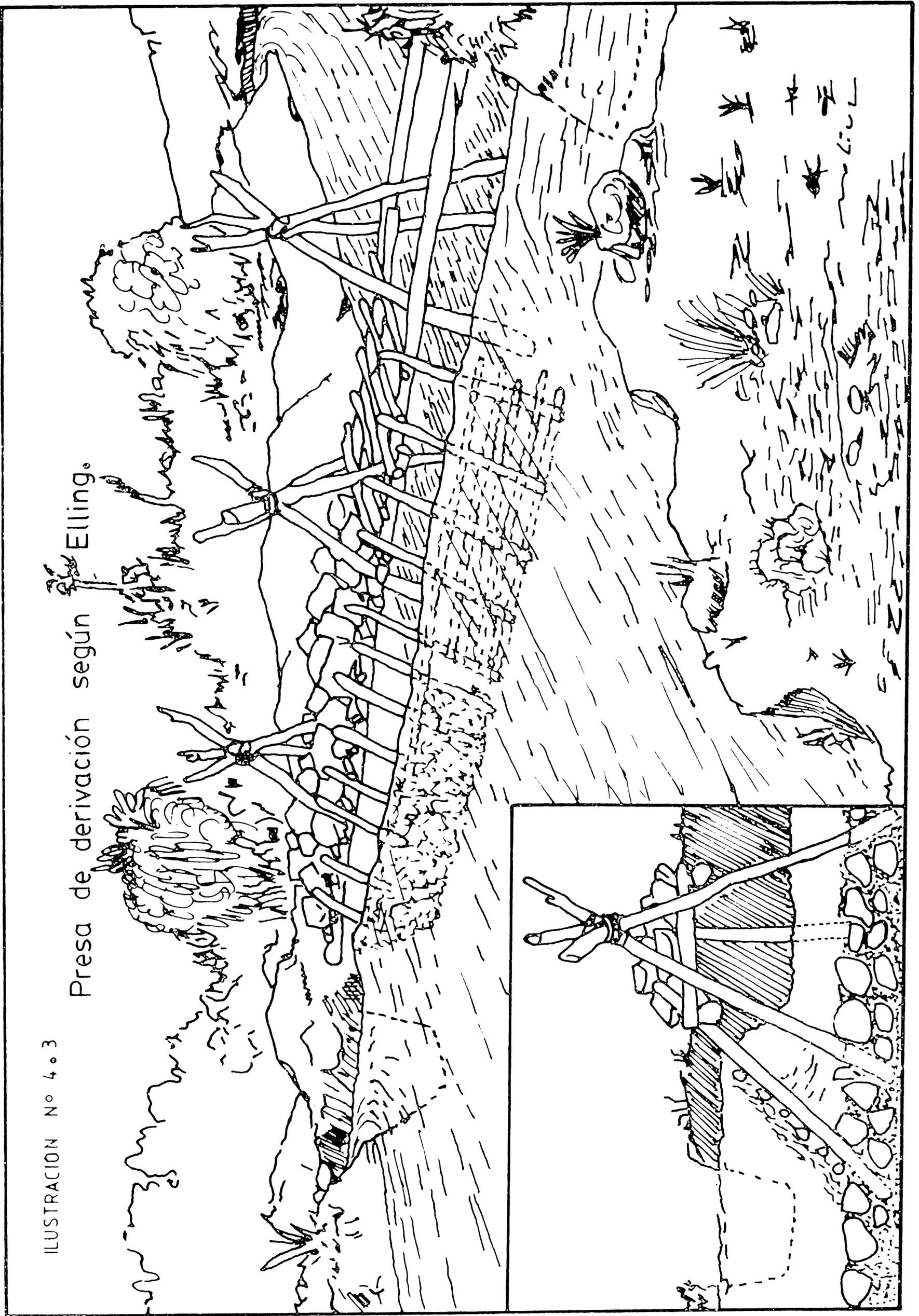
Esta técnica es también de fácil y barata ejecución y puede ser nuevamente empleada a bajo costo y con éxito.

Existe un tercer tipo de derivación de aguas. Este nos lo refiere Eling (1983). La técnica debió ser utilizada en aquellos lugares en los que los ríos tenían baja velocidad y el material de arrastre era exiguo (Ver Ilustración No. 4.3).

La técnica consistió en hincar en el suelo postes, formando

ILUSTRACION N° 403

Presas de derivación según Elling.



“pabellones” algo separados uno de otro. A media altura útil de estos “pabellones” y para formar una pasarela, se colocaban dos hileras de troncos dando frente al río uno y el otro en su cara posterior. Estas hiladas de troncos y los “pabellones” se hallaban alineados perpendicularmente al lecho del río.

Sobre las hiladas horizontales de troncos, en forma paralela al lecho del río y como formando un entablado de puente, se colocaban ramas de algarrobo, y sobre éstas una hilada de piedras, para darle peso y rigidez al sistema.

A la hilada de troncos de amarre de pabellones que da frente al río, se adosarían ramas gruesas de huarangos, espinos, etc., cuya posición era oblicua, formando un ángulo aproximado de 40° con respecto al lecho del río y la hilada de troncos de la pasarela. Estas ramas gruesas se colocarían aproximadamente cada 60 cm. una de otra, y sobre éstas se colocarían a voluntad otras ramas, hojarascas, etc. que servirían para que el agua elevara su nivel y penetrase en los canales.

Este sistema constructivo servía al mismo tiempo de puente para el tránsito de personas y su ganado.

1.3 Canales

La tecnología occidental en uso diseña los canales para llevar los caudales suficientes y regar los predios servidos, según orden pre-calculado, es decir, responde al criterio tantos litros por segundo para tantas hectáreas por servir, o sea, condiciona la sección del canal al área por servir.

Los canales primarios, aun los secundarios y de servicio, son construidos en concreto. La experiencia de El Gran Niño de 1983 demostró que éstos canales hicieron más daño a los predios que los daños que hubiera ocurrido si es que tales obras costosas no hubieran sido ejecutadas.

En 1983, el escurrimiento de las aguas procedentes de las lluvias costeras llegaron a los canales, y éstos, con sus estructuras rígidas, les sirvieron de guías para que corrieran a lo largo de sus muros, los que socavaron y desplomaron, así como en varias partes las llocllas que bajaban por las quebradillas rellenaban dichos canales, aumentando el agua que destruiría las chacras.

Otra situación muy distinta hubiera sido si tales canales se hubieran construido en tierra cual canales pre-colombinos. Pues si

TABLA No. 1

DESCARGAS MEDIAS DIARIAS EN M³/SEG DEL RIO CHICAMA. 1979

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
1	4,244	2,912	12,448	36,200	9,690
2	6,776	3,408	22,784	33,300	9,500
3	5,472	5,248	27,040	28,624	9,240
4	5,008	6,080	47,936	29,200	8,880
5	4,096	12,352	58,752	33,300	8,730
6	4,112	23,400	95,088	31,100	8,240
7	3,600	18,080	121,616	29,300	7,880
8	2,912	15,936	181,520	27,790	7,530
9	2,648	20,544	159,536	26,960	6,830
10	2,032	22,240	139,168	24,600	6,590
11	1,720	20,576	106,768	21,600	6,040
12	1,632	18,560	101,296	19,200	5,320
13	1,504	21,296	109,936	19,200	5,240
14	1,632	29,200	127,568	17,100	5,130
15	1,808	24,896	80,300	15,400	5,024
16	3,312	37,504	72,000	15,500	4,650
17	3,920	37,344	70,000	15,800	4,680
18	3,124	31,296	50,300	15,100	5,070
19	2,656	26,144	59,700	16,100	4,860
20	2,208	19,136	104,700	18,600	4,830
21	2,216	15,200	160,500	18,200	4,780
22	2,044	13,904	131,200	16,900	4,750
23	2,464	12,256	102,800	15,400	5,820
24	2,090	11,456	95,800	14,950	6,270
25	2,560	10,672	112,500	13,100	6,030
26	2,212	10,480	120,000	12,400	6,910
27	1,888	9,024	95,000	11,880	6,910
28	1,728	9,360	74,800	11,760	7,160
29	1,504	— 0 —	43,800	10,800	7,280
30	1,536	— 0 —	47,700	9,800	7,296
31	3,200	— 0 —	40,300	— 0 —	6,650
SUMA	88,388	488,544	2'773,156	609,164	203,810
PROMEDIO	2,851	17,448	89,456	20,305	6,574
MAXIMO	6,776	37,504	181,520	36,200	9,690
MINIMO	1,500	2,912	12,448	9,800	4,650
MASA	7'636,723	42'210,202	239'600,678	52'631,769	17'609,184

bien es cierto que estos canales hubieran sido cortados por las llocllas (impropiamente llamadas huaycos) en mayor número de sectores, habrían podido ser reparados rápidamente a bajo costo.

Regal nos enseña que el Rímac fue derivado a siete ríos que cruzaron el valle del Rímac; por esto, cuando se producían las grandes crecientes de nuestro río Hablador, las aguas eran tomadas por los "ríos" y en esta forma las masas de agua que discurrían por el cauce del río no llegaban a producir daños a los predios ribereños.

El criterio inca tuvo un sentido distinto de lo que debía optimizarse.

Las culturas pre-colombinas maximizaron el uso del agua, y para ello construyeron canales que podrían derivar más que la totalidad de las aguas de los ríos en sus altas crecientes.

La razón estriba, como hemos visto, en que los ríos llevan durante corto número de días grandes columnetas de agua (Ver Tabla No. 1) aun en años que son de sequía, y que, si no se aprovecha esta masa, se pierde irremediablemente en el mar, sin utilidad para el hombre, debido a que los canales actuales no pueden derivar más de 40 m³/s, y en un año de gran sequía se perdió agua durante 12 días.

Al sur de Chilca, en Coaillo, vimos un canal de unos 4 mt. de ancho por unos 2 mt. de alto que estaba destinado a captar el agua que uno o dos días al año baja por la quebrada. Ese agua debe servir para regar unas 60 Has. y su exceso servirá para que la arcilla vaya formando suelos de cultivo sobre el arenal que se halla al pie de los terrenos cultivados.

En este lugar, los campesinos, cuando ven que los sapitos e insectos comienzan a salir del lecho del canal, saben que pocas horas después llegarán las aguas.

Como se ha dicho, los canales pre-colombinos fueron construidos en tierra y sus muros y plano inferior estaban revestidos con arcilla, que servía para impedir pérdidas por infiltración.

En un medio tan agreste como el nuestro, es posible volver a utilizar las tecnologías que permitieran excelentes resultados hace 450 años; mientras que hoy, por aplicar las técnicas que en otros países se usan, nos sumimos cada vez más en el sub-desarrollo y se hace más profunda la brecha entre los que todo lo tienen y pueden y los que poco o casi nada poseen.

En lo que respecta a canales, dejemos que Ortloff, especialista en hidráulica, comente sobre la técnica Chimú:

“El sistema Intervalle es un ejemplo de hidráulica supercrítica, agrimensura y tecnología avanzada: el sistema Huanchaco de canales subcríticos fue igualmente completado con habilidad técnica similar y representa un avanzado estado de logros técnicos hasta ahora no reconocidos en la historia de la tecnología hidráulica”.

Ingeniería Hidráulica Chimú, 1981:131

1.3 Arboles

En 1940 viajamos para conocer en el terreno lo que había sido el Proyecto de Suttón, para la Irrigación de Olmos; tuvimos así oportunidad de observar en el Huancabamba, al pie de Sallique, el empleo de árboles para impedir que el río socavara y desplomara los taludes mojados y secos.

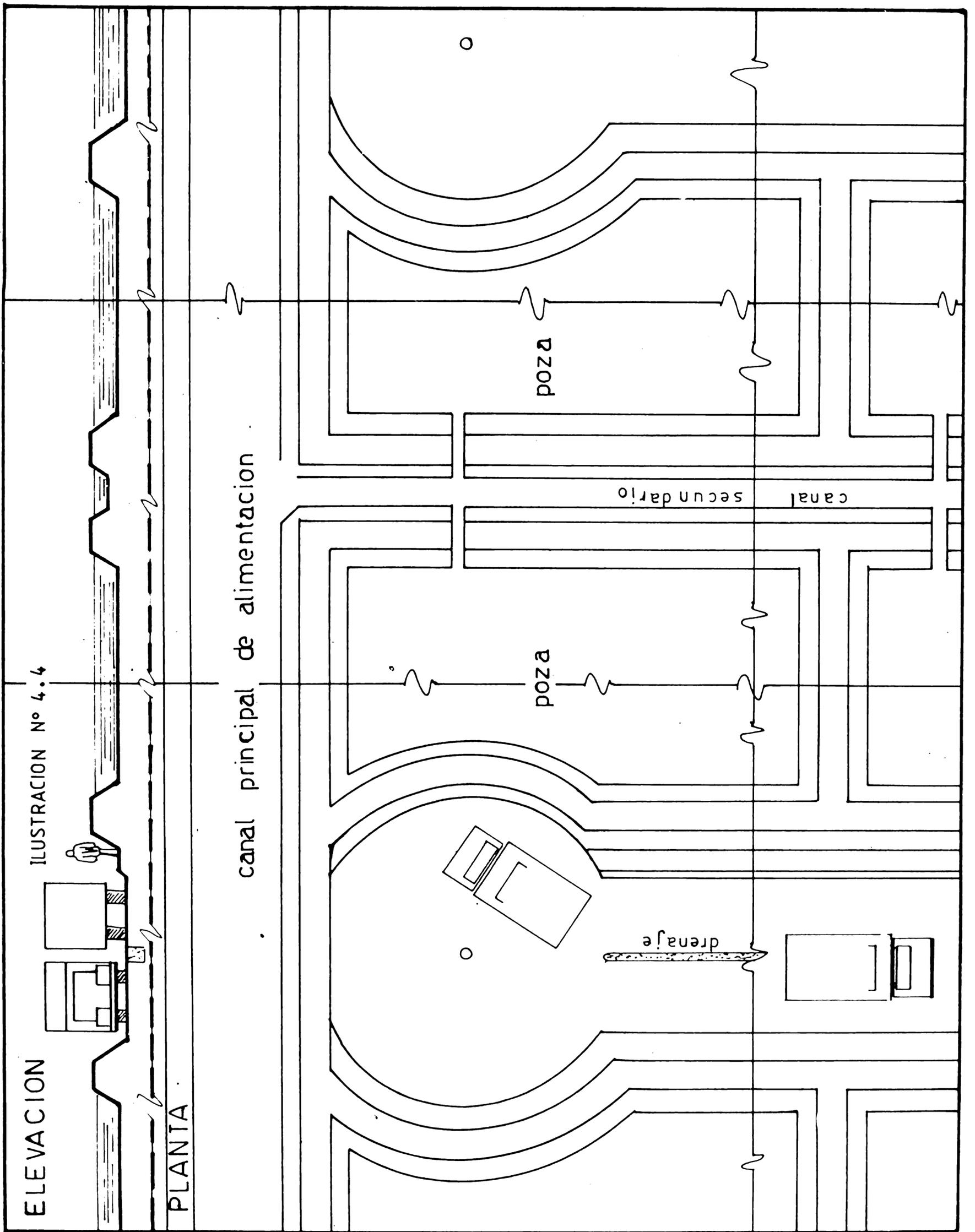
En la zona existe un árbol cuyas raíces penetran a través de las piedras del lecho rocoso; forma una especie de malla que, al embolsar las piedras, impide que el agua ocasione el desplome de los taludes. Igual acción observamos en el Huascayacu (Alto Mayo).

¿Utilizaron los incas árboles para impedir la destrucción de las tierras labrantías? ¿Será posible usarlos por ejemplo en las riberas del Rímac, en vez de efectuar obras costosas de encauzamiento?

2. FORMACION DE SUELOS DE CULTIVO EN LA COSTA

La distancia entre el pie de las estribaciones de la cordillera de los Andes y el mar determina la formación natural o artificial de los suelos de cultivo hoy utilizados en el País.

En aquellos valles donde existía gran distancia y un pequeño desnivel entre el mar y las cordilleras fue posible que el material grueso arrastrado por las aguas se fuera quedando en las partes altas y, al perder velocidad, las aguas sólo llegaban a las partes bajas, acarreando material de suspensión fino, el que fuera colmatándose paulatinamente hasta que, en el deambular del río a tra-



vés del valle, fue formando las tierras de labranza del Zarumilla al Zaña.

Del Jequetepeque al Sur, en su mayoría, los suelos probablemente fueron formados por la acción persistente del agricultor, que, al ver los beneficios que obtuvo en los cultivos de barrial, en el tablazo de Piura o a la vera de los ríos, debió idear medios para convertir el barrial en otros mayores espacios útiles. Esto lo consiguió al hacer empozar el agua y obtener la decantación de los sedimentos arrastrados, mejorando lentamente la textura, textura de los suelos y el espesor de la tierra cultivable, mediante el riego por entarquinamiento, de colmatación o collo.

La calidad del suelo de cultivo está íntimamente relacionada a la técnica empleada para aplicar el riego.

En el Norte se construyeron, por ejemplo, enormes surcos que medían cerca de tres varas de altura, una vara en el fondo y otra en el caballón o coronamiento. En estos enormes surcos penetraba el agua, saturando tanto a la tierra que formaba el caballón como al suelo, produciéndose una infiltración profunda. Una vez “seco”, el plan del surco que sembraba algodón en el flanco del surco y entre medio, así como en el plan se cultivaba maíz, porotos y cucurbitáceas.

Esta asociación de plantas permitía, cuando menos, obtener una cosecha de panllevar, mientras el algodón podría producir de tres a cuatro años.

Las plantas rastreras cumplían la función de evitar la evaporación del suelo, conservando la frescura y humedad del mismo. Los surcos lentamente se iban colmatando con el material en suspensión acarreado por el agua de riego y mejoraban así su calidad.

Otra forma de cultivo fue el de usar surcos serpentiformes, en los cuales el agua era obligada a dar numerosas vueltas y revueltas, es decir, avanzar tan lentamente que daba tiempo para infiltrar gran cantidad de agua, al mismo tiempo que se producía el colmataje del material aportado por el agua.

Otra modalidad, la más extendida, fue emplear la técnica collo (coyo) (Nazca), también llamada hoy de “pozas”, “parcelas”, “melgas” o de cultivo en machaco o sumersión; es decir, saturar de humedad el suelo, a fin de que la planta pudiera desarrollarse por la capacidad de campo del predio.

Para obtener este objeto, de acuerdo con la pendiente del

suelo, se construían collos o pozas que, en los suelos de muy alta pendiente, como por ejemplo, en las cabeceras de Pomalca (Piedra 1981:cp), apenas medían un mt^2 de superficie. Por lo general, en las laderas de muy alta pendiente y de radios de curvas de niveles cortos, se adoptaron pozas en forma de media luna (Yauca, Jiguay); mas, en aquellos lugares en que la gradiente era reducida y los radios de las curvas de niveles muy largos, las pozas adoptaban formas rectangulares y llegaban a medir hasta 800 mts. de largo por 100 mts. de ancho en Nazca (Rossel 1977:120).

En Chincha, para nivelar el suelo se acostumbraba hacer pequeños "coyana" (reparos), con el fin de que las aguas depositaran el material en suspensión, rellenando así por efecto de colmataje el terreno.

La erosión, en el sistema de cultivo en machacos, es negativa, es decir, cada año aumenta el nivel del suelo hasta llegar el momento en que el nivel de la poza es más alto que el nivel del canal de servicio a baja carga. Cuando se da esta situación, es necesario retirar el material acarreado en exceso. La demasía retirada fue convertida en ladrillos, por su fácil transporte, con los cuales se edificaron las huacas. Otra solución que fue empleada por los Chimús fue hacer un nuevo canal aguas arriba del antiguo, a fin de ganar altura.

Portocarrero (1922:118) calculó el volumen de los sedimentos arrastrados por los ríos costeros en su descarga al mar en 1,604'000,000 m^3 al año, es decir, material suficiente para construir cada año sobre los arenales 328,000 Has. de suelos agrícolas de medio metro de espesor, y, en el peor de los casos, 164,000 Has. de suelos de excelente calidad con 50 cms. de espesor.

Han pasado 63 años y, que sepamos, ningún otro profesional se ha preocupado de estudiar tal potencial, ni aplicarlo en los proyectos de ampliación de la frontera agrícola; no se ha pensado en utilizar este recurso para mejorar la las tierras ni para seguir convirtiendo los arenales en suelos útiles de cultivo, solución ésta que es más barata que otras en vías de ejecución y que fue la usada por los antiguos peruanos.

¿Es que tenemos vergüenza de acudir y emplear una técnica nativa peruana, que no se halla consignada en los textos académicos ni forma parte de la currícula universitaria?

Los campesinos de Ica aún saben que hay dos clases de agua de avenida. Una de ellas es aquella que desciende de la cabecera

de la costa cuando llueve y arrastra material de erosión eólica, rica en feldespatos y calizas. Estas aguas son de color blanquizco y se les llama mal-agua y por algunos llapana. Con estas aguas blanquizcas se corrigen los suelos que se hallan ensalitrados, pues basta uno o dos remojos profundos con ella para neutralizar la sal.

El material en suspensión arrastrado por esta calidad de agua es nocivo para las tierras francas de cultivo, ya que deja sobre ellas una capa compacta.

Esta técnica de corregir los suelos debe merecer detenido estudio, ya que el 60% de los suelos susceptibles de irrigarse presentan moderados o graves problemas de salinidad, inclusive las tierras que serán irrigadas en Majes.

Aquellas aguas color siena, barrosas, son llamadas ihuanco, que según Domingo de Santo Tomás (1560) significa abono, otros denominan a estas aguas "llapana". Estas son aguas que traen material orgánico y arcillas en suspensión que van engrosando los suelos cultivables, aunque por algunos conocidos inapropiadamente como llapana.

2.1 Oportunidad en el uso de las aguas

La práctica aún observada consiste en dejar pasar las puntas, pues en ellas los ríos traen basura, etc., que durante el estiaje se acumuló en el lecho de los ríos, o pueden bajar en forma de llocllas cargadas de piedras, arenisca, etc. En ambos casos, se deja pasar estas puntas y luego, al venir las aguas barrosas, libres de basura, se represan las aguas y se alimentan los canales de riego, como indicáramos más arriba.

3. CULTIVO BAJO MACHACO EN COLLO (POZAS) O AMELGA

No son muchas las citas históricas que se refieren a esta técnica de cultivo bajo machaco o sumersión en collo, probablemente porque parecieron tan comunes y lógicas que no llamaron la atención. Se lee así:

“Los ríos descenden de la sierra donde se juntan las nieves y lluvias que ahí caen, cuando llegan a los llanos fertilizan la tierra con admirable frescura de árboles frutales, y de maiza-

les que los indios siembran y cogen todo el año sin esperar cierto tiempo para ello”.

Oré 1598 fj. 28v

“Con las avenidas de los meses de febrero, marzo y abril, con sólo estos riegos, la fertilidad de la tierra (Virú) hace dar una o dos cosechas de ají y algodón”.

Urquiaga 1804:53

“(Hacienda La Viña, Ica). Todos ellos (campos de cultivos) están en cajones formados de la misma tierra de más de una vara de hondura (83 cm.) bien hoconeados, y cuando viene de la sierra la estación de las lluvias, y bajan los ríos, están prontas las acequias y se llenan de agua aquellos cajones, que podrán contener hasta 2,000 plantas (vid) y se deja el agua empozada hasta que se consuma con este solo riego, ya no hay temor ni por la cosecha que será sin duda abundante. Se tienen dos riesgos”.

Vicuña 1847:35

“La población crece violentamente en proporción de su acrecentamiento, escasean ya los víveres y se compran a precios subidos, y cuando, por falta de brazos y agua, se abandone el cultivo de la mayor parte de las tierras del Rímac, quedará reducida la población de la capital a un estado lamentable de penuria”.

Carrasco 1854

“Las haciendas ribereñas producen algodón solamente cuando el río crece y las inunda, y entonces dan dos cosechas por año durante tres años, o sea, seis cosechas por junto”.

Rosell. Piura 1858

“En el gobierno de los Incas, estos mismos terrenos fueron cultivados con las aguas que hoy contamos, sin necesidad de aumentarlos y en cualquier dirección encontraremos canales contruidos con sólo el objeto de conducir las aguas en tiempo de abundancia (avenidas), sin dejarlas pasar, como sucede ahora perdiéndose en el Océano Pacífico”.

Salcedo. Lambayeque 1850

“La superficie del Tablazo (Piura) es por supuesto irregular y abundante en depresiones de extensión considerable, en las que las lluvias se reúnen formando pozas o lagunas. Inmediatamente después del cese de las lluvias, esas lagunas son dadas a los peones, que están obligados a sembrar algodón en la tierra húmeda, a medida que el agua se retira, y a los cuales se les permite cultivar por su cuenta calabazas y otras hortalizas entre líneas.

Una vez debajo de la superficie, el agua desciende muy lentamente, siendo capaces las raíces del algodón (del País) de seguirlas algunas veces hasta por tres años, después de los cuales la planta por supuesto muere.

Esta práctica era general en todas las haciendas de Piura, y en mi tiempo se decía que las lluvias sabáticas (una cada siete años) sólo habían fallado una vez”.

S.M. Scott. Piura 1891

“En 1617 el sistema de cultivo en Surco (Lima) era de tres hojas, por lo cual sólo una parte de las tierras se hallaba en cultivo, dividiendo un tercio del año en sementeras, otro en regadío formal (inundación) y el otro en preparación”.

Anónimo, S.P. 1891:9

“Conocí como se cultivaba la tierra en una Hacienda (Ica) pobre de agua. En este año los cultivos sólo habían sido regados dos veces. Para este fin se levantan vallas de tierra de dos pies de alto en los bordes de los campos, y se les inunda. Después de 10 días, cuando el agua ha sido absorbida por el suelo, se repite el riego y luego los campos ya no reciben agua durante el año”.

Middendorff 1894:ii:113

“Con las lluvias del año 1891 se sembró esta Hacienda (Santa Ana) y en los dos años siguientes se cosecharon 3,000 cargas de algodón en rama”.

Leguía 1914:47

“Como se sabe, en este valle los riegos están sujetos sólo a las avenidas, escasez de agua que ha hecho adopten un sistema de irrigación por sumersión. Han rodeado una porción

de terreno con un borde de tierra formando lo que llaman "poza". El agua de riego conducida por la acequia regadora penetra en ésta hasta llenarla, enseguida cierran la boca con las demás, quedando detenida el agua en cada una de ellas hasta su completa absorción por el terreno. Estas pozas tienen en general una dimensión que, aunque variable según la pendiente, es, sin embargo, suficiente para que puedan practicarse cómodamente todas las labranzas y demás trabajos, y constituyen en la actualidad el único modo de irrigación posible, mientras no se dote al valle de agua suficiente".

Raez, Ica 1914

"Es un hecho que no admite discusión en agricultura que el sembrío en mojado (sumersión) es superior al sembrío en seco (riego por surco), desde el punto de vista del desarrollo de la planta y de la limpieza de los campos".

Montero. I Congreso de Irrigación 1929:459

La utilización del agua en el riego en la época pre-colombina ocupó toda el área labrantía y posiblemente más del 50% del gasto de los ríos, debido al sistema de riego con un único machaco en collo. Mientras hoy sólo se usa el 25% y más del 55% de las tierras labradas no disponen del agua indispensable.

Tenemos por ejemplo la Cooperativa Agrícola Virgen de Fátima, ex-Hacienda Ocucaje, en el valle de Ica: la superficie del fundo se riega tan sólo con los sobrantes del río Ica, y toda el agua disponible es almacenada en las pozas. En un día se inundan centenares de hectáreas. Cuando el agua en las pozas ha llegado a la altura de 50 cms. se dispondrá de una lámina de agua de 75 cms. en el subsuelo que permitirá obtener una cosecha de algodón del País y productos de panllevar, tales como maíz, frijoles o abundante producción de uva; mas si se cultiva algodón tangüis se requerirá doble llenado de las pozas.

4. VENTAJAS DEL CULTIVO BAJO MACHACO EN COLLO O TABLA

Quien desea ver y constatar la bondad del cultivo bajo machaco o sumersión, sólo tiene que trasladarse a Ica y hallar que para su cultivo sólo se dispone del agua sobrante del Ica, la que

tiene que ser empozada en los breves días que las aguas discurren. a fin de que la tierra retenga la humedad y permita dar una cosecha.

Estas tierras, por ser las últimas en recibir las aguas del río, en los años de sequía padecen por falta de líquido para regar todo el fundo, pero siempre se dispone de alguna cantidad para regar aunque sea una parte.

En muchos años, como en el actual 1984/85, se pierden importantes masas que van al mar, por la inexistencia de programas estatales o particulares que permitan convertir los arenales en suelos y bosques, como puede hacerse y lo hicieron los antiguos peruanos, mediante el riego por inundación.

Esta realidad parecería demostrar que no es exacto que en el País el restrictor de la frontera agrícola sea la falta de agua para el cultivo, pues, al haberse perdido la racionalidad en el manejo de los ríos, se está tratando de corregir errores, soñando con ilusos proyectos, en vez de reutilizar donde sea posible una técnica que antaño demostró su vigencia.

Entre las ventajas que ofrece el cultivo bajo machaco se hallan:

a) *Almacenaje de agua*

En contadas horas se almacenan millones de metros cúbicos de agua que de otra forma se perderían en el mar. Conforme se regenera el suelo por mayor porcentaje de arcillas, aumenta la retención del agua, haciendo menos crítica la demanda en épocas de estiaje o sequía.

Se obtiene una transferencia de agua en el tiempo, pues al depositarse el agua en los poros del suelo, ella es accesible al sistema radicular de las plantas, que irán profundizándose siguiendo la infiltración, que, por gravedad, se produce hasta llegar a los niveles medianamente accesibles; es decir, en la zona de agua edáfica, en cuyo nivel superior se produce la rotura de la capilaridad, se obtiene la máxima cantidad de agua, antes que su densidad la lleve a percolación profunda, cuyo techo se convierte entonces en el punto de marchitez permanente en el cual la planta cesa de crecer.

b) *Mejora en la calidad del suelo labrantío*

Los suelos peruanos costeros están conformados en su mayor parte por grava y arena, por ello esta técnica permite disminuir el porcentaje de arenas y agregados gruesos del suelo, ya que, al aumentar el espesor, éste es por acumulación de material orgánico y arcillas. A través de los años aumenta el espesor de la capa arable, por lo que al diseñarse la construcción de los canales de servicio éstos deben ser sobreelevados con respecto a las áreas de cultivo.

c) *Conservación del suelo*

Mientras que la técnica de riego a pie de planta o de tendida ocasiona una erosión considerable, aunque los suelos sean de muy pequeño declive, en el cultivo bajo machaco no se produce erosión de la capa arable, al contrario, ella irá aumentando.

d) *Economía de tiempo y agua*

Mientras que con el riego a pie de planta un hombre apenas puede regar una hectárea de riego, o sea, que para un cultivo con 3 ó 5 riegos requiere 3 a 5 jornales por hectárea, para proporcionar entre 5,000 y 7,500 m³/Ha. En cambio, con el sistema de riego por inundación, 3 jornales de 8 horas cada uno son suficientes para introducir al suelo entre 750,000 m³ a 1'200,000 m³, y regar en 24 horas unas 100 a 150 Has. con una dotación aproximada de 7,500 m³/Ha.

El riego a pie de planta o de tendida no es práctico en aquellos lugares en que los ríos son de tipo torrencioso. En ellos es indispensable economizar el agua, empozándola antes de que se pierda.

e) *Fertilización*

El mejor ejemplo que se tiene de la acción no fertilizadora que se obtiene empleando el sistema de cultivo bajo riego lo proporciona la irrigación de San Felipe (Huaura) · Hace 40 años que reciben abundante agua, en tal cantidad que han formado la albufera más grande del Perú, con un espejo de agua de unos 5 km;

sin embargo, las tierras, en más de 40 años, no tienen aún la fertilidad para poder llevar cultivos de panllevar, debido a que los canales fueron trazados para regar por tandas y con aguas limpias a los lotes. Es decir, se aplicó excelente técnica occidental, mas inaparente para formar suelos agrícolas sobre suelos arenosos no cultivados anteriormente.

Truel (1980:cp) estimaba que en los suelos de Ocucaje, el ihuanco o llapana proporcionaba al suelo unos 90 kg. de N, y 15 kg. de K y P por año, adoptados por unos 7,500 m³.

No se ha estudiado el porqué, pero lo evidente es que los suelos que son cultivados con riego por machaco requieren menor empleo de insecticidas y fungicidas, por ser la calidad de las cosechas superior que aquellos que son regados con aguas de bombeo. Incluso la calidad de la fibra en longitud y resistencia mecánica es muy superior en la que procede de suelos cultivados bajo machaco.

Es indudable que la mayor dotación de agua debe favorecer la formación de anhídrido carbónico a niveles inferiores que saldrán al nivel del sistema radicular, mejorando la capacidad de las plantas para hallar nutrientes. Igualmente la micro flora será mucho más activa, tanto a niveles profundos como a los accesibles a los cultivos.

A este efecto fertilizador se refieren las citas que transcribimos:

“La costa del Perú se asemeja mucho en clima y terreno al bajo Egipto. Los aluviones de estío empapan la tierra a manera del Nilo, cubriéndolo de un limo gredoso de mucho gluten. Esta tierra es arrastrada por las lluvias de las faldas de los Andes, retiene con tenacidad el agua y las suministra poco a poco a las plantas que crecen prodigiosamente. Los habitantes de los valles de Chilca, Asia, La Imperial, etc., luego que vienen los turbiones, riegan sus áridas campiñas empapándolas por 24 horas y al fin del estío las aran y siembran. El riego sucesivo es la humedad de la tierra y la que suministra las nieblas y garúas de invierno”.

Unanue 1814?

“El campo (Lambayeque, 20 de Marzo de 1833), alrededor por muchas leguas, es plano, regado por el río Lambayeque,

el que irrumpe en casi todas las direcciones, y cual el Nilo, lleva la fertilidad (limo) con él”.

Ruschenberg 1835:365

“En todas partes (del mundo) el suelo, por rico que sea, se gasta siempre más o menos aprisa con la sucesión de los sembríos. En todas partes se hace indispensable el uso de abonos artificiales, la sumersión fertilizante para depositar el limo que arrastran las aguas, u otros procedimientos dispendiosos a fin de conservar su vigor el suelo. Las tierras del Perú no requieren abonos, ni se esterilizan nunca, porque las aguas que las riegan, bajando rápidas de las cordilleras, no tienen tiempo para desprenderse de sus sales, cuyas riquezas llevan hasta las eras mismas para reanimarlas, reemplazando con oportunidad las pérdidas que han experimentado”.

Rosell 1893:24

“Como en la proximidad de Lima no había ningún depósito de huano a ser empleado hace siglos, el antes fértil suelo de Lima debe estar, si nos atenemos al testimonio de un experimentado agricultor, completamente agostado”.

Middendorff 1894:ii:64

“La riqueza en nitrógeno de las tierras de la costa debe atribuirse a las causas siguientes... Al acarreo por las aguas en las épocas de abundancia de apreciables cantidades de materia orgánica”.

Lavalle 1916:99

“En el Chira, la materia aportada por el agua va de 2 a 16 gr/lt., que con el gasto representa de 100 a 4,000 m³/s y una sedimentación de 100 a 10,000 Tm. por día. La presa de Poechos en 50 años contendrá 530 millones de metros cúbicos de sedimentos. Por el contrario, esa sedimentación, a razón de 2 a 16 gr/lt. es una bendición para las tierras irrigadas; de este punto de vista, los agricultores rechazan los defectos de la decantación que los reservorios contienen. Los ingenieros de Tinajones han estimado que una tierra situada en el corazón del cono aluvial del Chancay recibe 12,000 m³ de agua por hectárea y por año un promedio de

1.5 gr/lt., o sea, una carga de 18 Tm. por hectárea".
Collins 1968:73

Es muy importante a largo plazo tener en cuenta este efecto fertilizador del suelo, debido a que los estudios están mostrando que los alimentos producidos con alta dosis de nitrógeno sintético muestran tendencias a crear procesos cancerígenos a los hombres por los nitrilos. Es común ver en los mercados de Europa y U.S.A. que se paga mayores precios por los alimentos producidos con abono de corral que con los cosechados con abonos sintéticos, nitrogenados, fosfatados y potásicos.

Aún más, como repetimos, en 1979 los fertilizantes que se deberían aplicar a los suelos representan el 80% del costo de los cultivos. Dentro de un par de décadas, al agotarse los depósitos de gas y petróleo, serán de difícil adquisición y la incidencia de su aplicación sobre el costo de los demás insumos será varias veces mayor.

f) Salinidad

El uso de la mal-agua, como viéramos más arriba, permite lavar los suelos y contrarrestar químicamente la salinidad regenerándolos.

Por el contrario, la tecnología contemporánea de riego a pie de planta determina que, al faltar dotación de agua, se tengan que salvar las cosechas con agua procedente del acuífero.

La capa freática se halla cada año a mayor profundidad y se incrementa en su concentración de sales, aumentando el nivel de sal en los suelos de cultivo. La profundidad a que se extrae al agua y el excesivo bombeo está determinando que en lugares en La Yarada (Tacna) se favorezca la intrusión de aguas marinas al suelo peruano, con lo que se está contaminando en forma creciente el acuífero.

g) Malezas y deshierbes

Después de haber sido inundadas, las pozas quedan con agua por varios días, y a los 15 días están en condiciones de poder ser aradas.

Durante este tiempo, las plantas perennes habrán rebrotado y las semillas de las malezas traídas por el agua o depositadas en el suelo por el viento, aves o las crecidas en el lugar habrán germinado y desarrollado, por lo que al momento de ararse el suelo y luego pasarle un tronco para emparejarlo y posteriormente sembrar, todas estas malezas serán destruidas, reduciendo considerablemente el trabajo de deshierbe, contribuyendo así al mejor desarrollo de los cultivos.

Antaño se sembraban plantas rastreras junto con las erectas, a fin de que las rastreras, con su sombra, impidieran que las malezas pudieran crecer, así como evitar que la radiación solar calentase mucho el suelo y activase la evaporación y salinización de los suelos.

h) Fitosanidad

Observando la sanidad de los cultivos, se podía notar que los de Ocucaje cultivados bajo machaco, por ejemplo en la vid, mostraban menor ataque de la filoxera que aquellos que habían sido regados a pie de planta, y/o con agua de bombeo. Asimismo, los algodones de Ocucaje cultivados bajo machaco mostraban mayor lozanía y calidad de fibra que los de su vecino de la ex-Hacienda "La Viña", regados con agua de Choclococha y bombeo. Además, el ataque del "cule-cule" era insignificante en Ocucaje y severo en "La Viña".

Caporales y agricultores coinciden en señalar que la calidad del maíz, porotos, ajíes, yucas y camotes cosechados bajo machaco son de mejor calidad que los logrados con agua de riego y mucho mejor que con agua de bombeo.

Al empozarse el agua, los insectos del suelo, sus larvas, huevos, etc. sucumben, disminuyendo la intensidad de la infección en los campos de cultivo, y reduciendo notablemente el uso de insecticidas.

i) Garantía de una cosecha

La principal ventaja es asegurar que, sea cual fuere la característica del tiempo en el año agrícola, el campesino obtendrá cuando menos una cosecha, al hacer uso del agua cuando ella existió. Elimina así el riesgo de las avenidas inesperadas o sequías

y evita que los sembríos se agoten y marchiten porque no recibieron el riego cuando debió efectuarse.

j) Acuífero

El cultivo bajo machaco eleva el nivel del acuífero, lo que es benéfico para muchos cultivos, más perjudicial para suelos de mal drenaje.

Deben efectuarse las obras para permitir un adecuado drenaje de los suelos, mas estos requerimientos no deben ser óbice para que deje de emplearse una técnica que tiene excelentes cualidades.

Es evidente que, de abatirse el nivel freático, se pueden profundizar más los pozos, pero también es innegable que eso aumenta los costos de operación y corre el riesgo que, sin un programa de electrificación vigoroso que permita electrificar todo el ámbito rural, el bombeo, como los fertilizantes sintéticos, será tan costoso que su incidencia en el costo de producción será muchísimas veces más que el de los demás insumos. Además, en algunos valles se están agotando aguas fósiles, que no volverán a recargarse a no ser que se prevean medios para ello.

k) Economía en la ampliación de la frontera agrícola

La aplicación de esta técnica para ampliar el área cultivada demanda un costo unas diez veces menor que el requerido para hacer obras de transvase de cuencas, como se analiza al tratar el costo de construcción del sistema de pozas.

l) Retorno inmediato

Con la maquinaria hoy indispensable es posible construir en corto tiempo las tomas y canales de regadío, por lo que el retorno de la inversión es a corto plazo, ya que, al recibir el agua, los suelos están produciendo una cosecha que, aunque sea pequeña, de todas maneras está contribuyendo a la alimentación de nuestro poblador.

m) Aridización y desertificación

No debemos olvidar que estando sujetos al proceso de aridización y desertificación la disponibilidad de aguas en la costa disminuirá, por lo que es indispensable prever cómo remediar esta situación, y al aumentar en el futuro las descargas torrenciales, será indispensable almacenar las aguas cuando se produzcan los descensos y éstos sólo podrán ejecutarse si existe un sistema como el propuesto.

n) Plazo de maduración y ejecución

Otro aspecto no menos importante es que la técnica nativa tiene ventajas importantes sobre la tecnología convencional.

En efecto, el plazo de maduración de un proyecto para aplicar la tecnología nativa no demanda más de 3 años, mientras que para emplear la occidental demanda décadas.

La ejecución de las obras con tecnología nativa puede ser ejecutada en menos de la quinta parte del tiempo que demanda la aplicación de la tecnología occidental.

Mientras la ejecución de obras, según la tecnología convencional, requiere de empréstitos internacionales; el menor costo que demanda el empleo de la tecnología tradicional permite su financiación interna e incluso puede ser realizada por empresas privadas, así como por quienes han de ser beneficiados por las obras.

5. CONSTRUCCION DE POZAS, COLLO, CAJETE O CUADRO

Las pozas requieren formar un muro de unos 2.40 mt. en la base y 0.80 mt. en el coronamiento, con una altura de 0.80 mt. a 0.90 mt.

En nuestros días, la construcción de una poza con cargadores frontales y compactadora de rodillos, implica un costo de US\$ 100 por hectárea, y otro tanto representa la construcción del canal principal y lateral de servicio.

Es decir, se estima en un costo de US\$ 200 por hectárea.

El tipo de construcción que se sugiere es el que se diseña en la ilustración No. 4.4

Las construcciones se harían en forma tal que permitan que los vehículos automotores sirvan a los predios. La zona de tránsito estaría 0.25 mt. más abajo que los suelos de cultivo. De la excavación que se haga se tomaría el material para formar los muros de las pozas.

Tal depresión tiene por objeto que sirva para que las sales que puede contener el terreno afloren; pues todo buen observador habrá notado que en las pampas de nuestro litoral es en las depresiones donde se acumula el caliche.

Se proyecta que entre ambas bermas de circulación se abriría una zanja de drenaje, para que ayude a desalinizar eficientemente el suelo y, de esta forma, evitar que por percolación profunda se puedan afectar los predios inferiores.

Dado que los canales de riego no ocupan más de tres metros de ancho, será posible que los camiones, tractores, etc. puedan pasar sobre ellos con sencillas obras de arte.

La magnitud de las inversiones y la escasa probabilidad de obtener préstamos para ejecutarlas, hace imperioso que se estudien nuevas formas, y una de ellas es la de riego bajo machaco, como se propone.

Las descargas de los ríos señalan que de 7 años, cuando menos en 3 de ellos, se dispondrá de suficiente agua para el cultivo, aunque en los otros 4 años se obtendrán regulares magras cosechas. Pero aun así, esto es preferible a no tener nada con que alimentar a nuestro poblador.

En Ocucaje, se ve cómo los bordos eran cortados para dar paso al agua, y que asimismo eran tapados rápidamente, lo que demuestra que no es ningún obstáculo para la extracción de las cosechas ni para los trabajos de labranza con tractores, ya que además éstos tienen suficiente maniobrabilidad para montar sobre los bordos y descender sin destruirlos. Si fuera necesario, con los mismos equipos se podrían romper los bordos y volverlos a tapar al terminar las labores.

Respecto a la salinidad, debemos recordar que los antiguos peruanos acostumbraban a barrer las excreciones de sal, las que eran transportadas amontonándose en montículos. De estos, los hispanos obtuvieron el salitre que fue utilizado durante el Virreinato y principios de la República para la elaboración de la pólvora.

Han transcurrido nueve años desde que en Ayacucho pro-

pugnamos esta técnica, y hace más de un lustro que la Comisión Multisectorial de Ordenamiento del Recurso Hídrico acordara que se llevara a experimentación esta técnica, sin haber efectuado estudio alguno para su realización.

El saber contemporáneo podría llevar a muy alto grado de eficiencia este sistema, pues, con los sistemas de instrumentación hoy disponibles, se podría detectar cuándo se han de producir las descargas y un sistema computarizado podría dar con antelación el anuncio de la proximidad del riego, y automáticamente podrían ser accionadas las compuertas de servicio, tal como lo hicieron antaño los incas con sus chasquis, ábacos y quipus.

6. EL RIEGO BAJO MACHACO Y LA LLUVIA

Pasa desapercibida la incidencia que tiene el cultivo bajo machaco y cómo éste incide en promover la lluvia.

Tomemos, por ejemplo, el valle de Tumbes; en él, al llegar los hispanos, se cultivaban 114,000 Has. (hoy tan sólo se cultivan 9,600 Has.), las que bajo el riego por machaco recibían unos novecientos millones de metros cúbicos, de éstos, no menos de 300,000 millones de metros cúbicos regresaban a la atmósfera, como evaporación y más lentamente otro tanto sería evapotranspirado, recargando la humedad atmosférica y haciendo más húmedo el ambiente contiguo o promoviendo las lluvias en la vecindad; pues las nubes, al ser recargadas de humedad, se resolverían en lluvias a alturas inferiores y sobre áreas mayores.

Este efecto a gran escala en los valles costeros debió crear un sistema de circulación de avenida-poceo-evapotranspiración-lluvia-avenida-poceo.

Rudell (1982), en su ensayo "Weather modification: An alternative for water supplies", afirma que la modificación del clima se halla entre alternativas menos costosas para aumentar la disponibilidad del agua. ¿Corresponde a las culturas pre-colombinas haber logrado esta quimera? Pensamos que sí, y esperamos que se demuestre lo contrario.