

CONSERVACIÓN Y ABANDONO DE ANDENES

Editores:

Carlos A. Llerena

Moshe Inbar

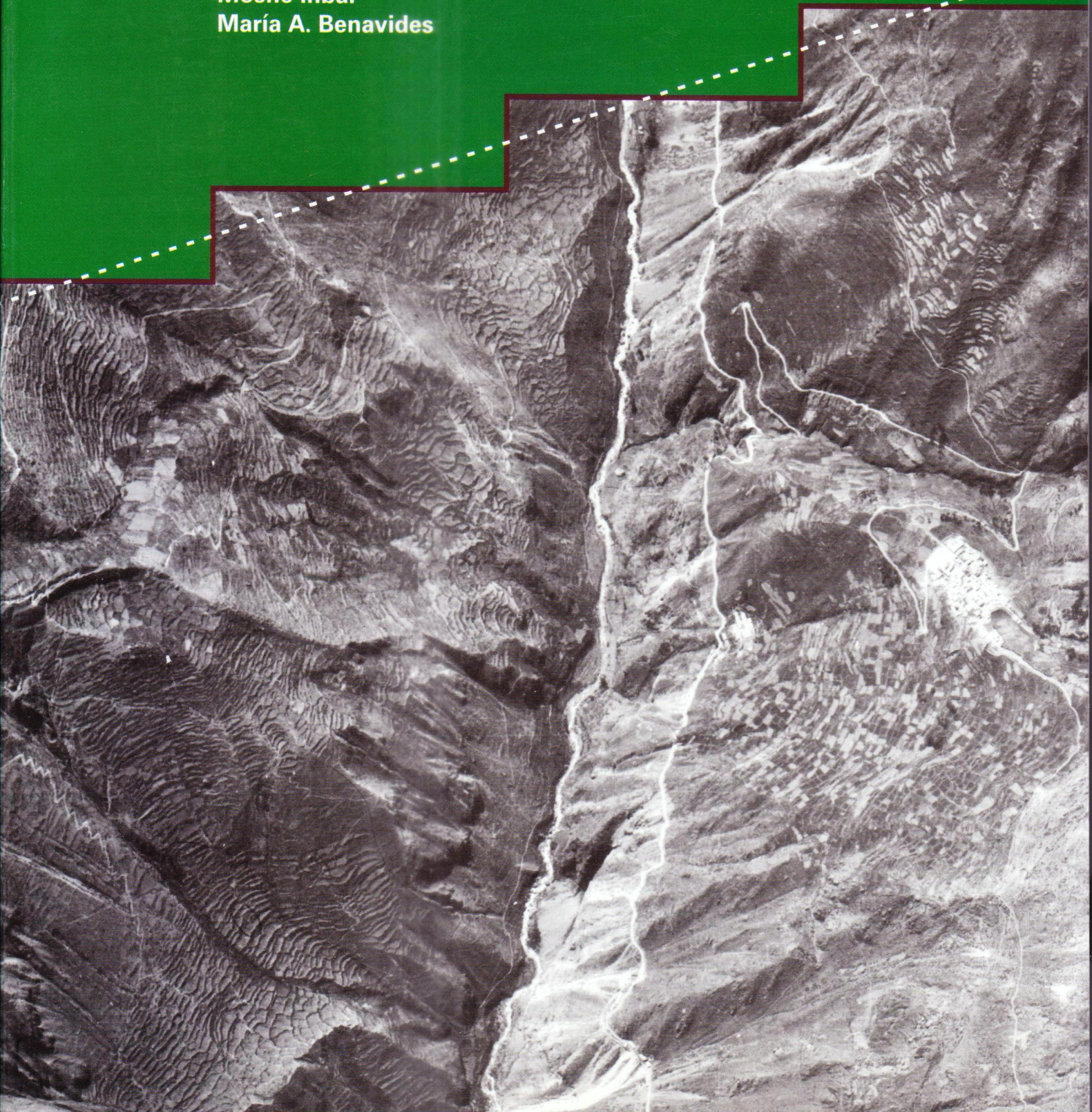
María A. Benavides



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA



UNIVERSIDAD DE HAIFA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Lima, Perú

UNIVERSIDAD DE HAIFA

Israel

Proyecto TA-MOU-C12-006
Programa US - Israel AID/CDR

CONSERVACIÓN Y ABANDONO DE ANDENES

Editores:

Carlos A. Llerena, Moshe Inbar, María A. Benavides

Lima, 2004

LLERENA, C. A., M. INBAR y M. A. BENAVIDES (eds.) 2004. Conservación y Abandono de Andenes. Universidad Nacional Agraria La Molina, Universidad de Haifa. Lima, 220 pp.

© **Los autores**

Supervisión de la edición: Carlos A. Llerena
Diseño y diagramación: Miguel Álvarez y Nilton Zelada
Diseño de cubierta : Carlos A. Llerena y Miguel Álvarez
Impresión: PUBLIFOR
Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional Agraria La Molina
Av. La Molina s/n, La Molina
Lima 12, Perú

ISBN 9972-9733-3-6
Hecho el depósito legal N° 1501142004-242

Se permite la reproducción total o parcial de esta obra citando a sus autores y editores.

Carátula: Aerofotografía SAN del 11 de mayo de 1963, ampliada. Proyecto AF 60-17. Cuenca media del río Santa Eulalia, provincia de Huarochirí, departamento de Lima. Derecha: Comunidad Campesina de San Juan de Iris, izquierda Comunidad Campesina de Laraos.

Fe de erratas

Página 14 (Introducción):

En la sexta línea de su cuarto párrafo dice:
“Estamos asimismo, los ilustres profesionales...”

Debe decir:
“Estamos asimismo agradecidos a los ilustres profesionales...”

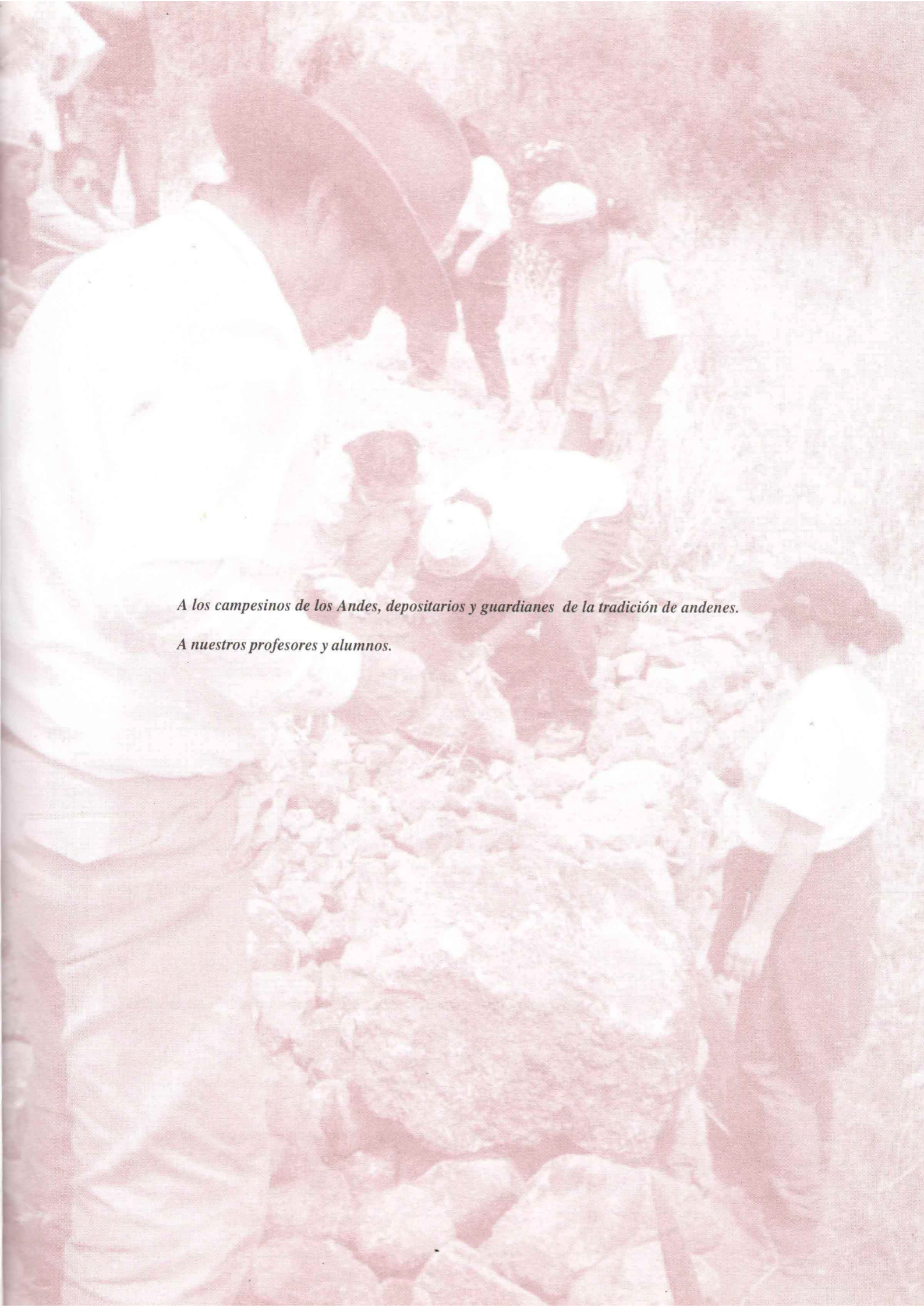
Página 211 (Bibliografía):

La duodécima referencia bibliográfica de esta página dice:

_____. y A. LINÁREZ. 1986. ¿Es el Perú un país agrario?. Centro de Investigación del Dpto. de Economía y Planificación (CIDEP). Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, 42 pp..

Debe decir:

SALAS, D. y A. LINARES. 1986. ¿Es el Perú un país agrario? Centro de Investigación del Dpto. de Economía y Planificación (CIDEP). Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, 42 pp.



A los campesinos de los Andes, depositarios y guardianes de la tradición de andenes.

A nuestros profesores y alumnos.

Índice

PRESENTACIÓN	7
PRÓLOGO	9
AUTORES	11
INTRODUCCIÓN	13
1. MEDIO FÍSICO	17
Los andenes y su microclima	19
<i>Jerónimo García</i>	
Andenes, agrosistema frágil	23
<i>Dionisio Salas</i>	
Software para calcular los elementos de diseño de terrazas de absorción y de formación lenta	45
<i>Mónica Gutiérrez y Sebastián Santayana</i>	
2. ASPECTOS SOCIALES Y CULTURALES	49
Andenes y riego en el Perú: un análisis de informes coloniales y republicanos	51
<i>María A. Benavides</i>	
Balance de las investigaciones sobre andenes en el Perú	66
<i>Carmen Felipe-Morales</i>	
¿Es la recuperación de andenes una vía sustentable para el desarrollo rural?	70
<i>Efraín Gonzáles de Olarte y Carolina Trivelli</i>	
Los andenes de Puno en el contexto del proceso histórico de la cuenca norte del Titicaca	79
<i>Elías Mujica</i>	
3. EXPERIENCIAS REGIONALES	93
Terrazas de formación lenta, alternativa para ampliar la frontera agrícola	95
<i>Mario E. Tapia, Alcides Rosas y Mario Cáceres</i>	
Restauración de canales y andenes agrícolas prehispánicos en los Andes usando tecnología tradicional y apropiada	98
<i>Ann Kendall</i>	
Manejo de recursos hídricos y conservación de andenes en la comunidad de Aucará, Lucanas, Ayacucho, Perú	107
<i>Medardo Molina</i>	

Características morfológicas de terrazas abandonadas en Catamarca, Argentina	111
<i>Julio A. Costello y Moshe Inbar</i>	
Ecología cultural de la construcción de terrazas, su abandono y recuperación en el valle del Colca, Arequipa, Perú	117
<i>Hildegardo Córdova</i>	
 4. CUENCA DEL RÍMAC	 123
Cultura y sociedad en San Juan de Iris	125
<i>Fedora Martínez</i>	
La recuperación de andenes como parte de un manejo integral de cuencas: el caso de la subcuenca del río Rímac, Lima, Perú	132
<i>Helena Cotler</i>	
Procesos de erosión en andenes agrícolas andinos en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú	141
<i>Moshe Inbar y Carlos A. Llerena</i>	
Identificación y evaluación de los andenes de la comunidad campesina San Juan de Iris, Lima, Perú, utilizando imágenes de radar	149
<i>Carlos Garnica y Víctor Barrena</i>	
Experiencia de campo en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú	154
<i>Luis Masson</i>	
Experiencia de rehabilitación de andenes de la Agencia Santa Eulalia del PRONAMACHCS, San Juan de Iris, Huarochirí, Lima	158
<i>Luis Taboada y Raúl Dolorier</i>	
Caracterización de andenes en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú	166
<i>Carlos A. Llerena, Moshe Inbar y Amanda De la Torre</i>	
 5. BIBLIOGRAFÍA EXTENSIVA SOBRE ANDENES EN LOS ANDES CENTRALES	 179
 Compiladores:	
<i>Elias Mujica, Manuel Aguirre-Morales, Moshe Inbar, Luisa Riveros y Carlos A. Llerena</i>	

Presentación

Es muy grato escribir la presentación de un libro sobre elementos tan importantes y emblemáticos del paisaje rural montañoso, como las terrazas o bancales, llamados andenes en nuestra región. Los andenes son estructuras variadas y versátiles que se adaptan a diferentes condiciones biofísicas, se integran al paisaje, persisten en el tiempo y han llegado a asimilarse a múltiples culturas de montaña, mostrando que a pesar de las grandes dificultades naturales el poblador andino ha logrado relacionarse con su medio en forma amigable, estética, productiva y sostenible.

Este libro «Conservación y Abandono de Andenes» es además una interesante síntesis que reúne en su texto componentes muy importantes para que la actividad agraria pueda cumplir su mandato fundamental de hacer producir eficientemente la tierra sin dañarla ni afectar su entorno.

Los 19 artículos del libro son producto del esfuerzo de 26 autores de 9 especialidades, profesores universitarios, funcionarios de entidades gubernamentales y de ONGs; y de 6 países de procedencia, que desarrollan diversos aspectos de los andenes clasificados en temas de Medio físico, Aspectos sociales y culturales, Experiencias regionales y Cuenca del río Rímac; y denotan claramente, en una forma de tácita concertación, la necesidad de considerar en conjunto, en forma coherente y multidisciplinaria, las ciencias sociales y las naturales, así como las tecnologías tradicionales y las modernas. Es importante anotar que 10 de los autores son o han sido profesores en La Molina, y 15 son egresados de nuestra universidad.

El desarrollo de las ponencias muestra la problemática de las tierras de ladera cultivadas adecuadamente en los Andes en el norte del Perú (Cajamarca), el centro (Lima), y el sur (Puno), llegando hasta el norte de Argentina (Catamarca); y pone en evidencia que bajo distintos matices aflora en todo el extenso escenario andino una problemática común que requiere urgente atención y hace factible compartir experiencias y extraer soluciones posibles de ser validadas y asimiladas localmente.

Se presenta también, en especial en la cuenca del río Rímac y en la Comunidad de San Juan de Iris, la interacción con los usuarios de los andenes, el apoyo de las autoridades y la activa participación de la población local en el desarrollo de los trabajos, condición *sine qua non* para el éxito de cualquier empresa en zonas rurales.

Este producto es una consecuencia de un contacto en 1989, en una reunión científica en Corvallis, Oregon (USA), de un geógrafo de la Universidad de Haifa (Israel) y un forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, que decidieron coordinar sus agendas y juntar sus capacidades para escribir un proyecto que, a través de los avatares de más de una década complicada, de porfías, presión y persistencia, culmina aquí con el arribo a la meta final. Felicitaciones a los editores y autores de esta importante obra.

Francisco Delgado de la Flor B.
RECTOR UNALM

Prólogo

Hasta la fecha he conocido pocos temas con referencia a los Andes que permiten juntar en forma coherente los pensamientos y resultados de la investigación de un grupo diverso de profesionales con formaciones diferentes. Uno de estos temas ha sido la gestión del agua. El tema de los andenes parece ahora también tener una capacidad similar de articular ideas que provienen tanto de las ciencias sociales como de la ingeniería. El presente libro, que ha sido escrito con el aporte de varios autores, recibe el sugestivo nombre de “Conservación y Abandono de Andenes”. Este título adelanta los conflictos existentes para la sobrevivencia de esta técnica en los Andes. En él se aprecia la capacidad de los editores para juntar los enfoques de muchas disciplinas con el fin de comprender la compleja visión andina por medio del conocimiento que se deriva de la historia de los andenes y su vinculación con la cultura local, la economía, los cambios de clima, las alteraciones sociales, el rol del estado y muchos factores más. Todas estas facetas son abordadas en los diferentes trabajos que componen el libro

No es la primera vez que se escribe en el Perú sobre los andenes y, en general, sobre las técnicas utilizadas para subsistir en las zonas de alta pendiente de los Andes. Ello ciertamente es un signo que los profesionales de las áreas socio-económicas y técnicas mantienen la atención en esta vasta región tan abandonada por nuestros gobiernos, sobre todo en el Perú, donde las grandes inversiones para mejorar la agricultura son hechas mayormente en la costa. Me acuerdo aun cuando en 1974 se creó la primera subdirección con el nombre de manejo de cuencas en el Ministerio de Agricultura, un simple inventario demostraba que más del 95% de los recursos de los proyectos de inversión en agricultura se orientaba a las irrigaciones de la costa y menos del 5% a la sierra a pesar de haberse probado que recuperar una hectárea de andenes era hasta 10 veces mas rentable que irrigar una hectárea en los desiertos de la costa.

La visión de riego dominaba por sobre el resto de otras ideas, inclusive en la sierra. Así, la propuesta de formular un proyecto de asistencia técnica a comunidades campesinas para realizar tareas de manejo de cuencas, con componentes de riego, reforestación y conservación de suelos (con recuperación de andenes), si quería concretarse debía denominarse consecuentemente. Así se generó y se mantuvo el llamado Plan de Mejoramiento de Riego en la Sierra (Plan MERIS). Solo luego de dos intentos siguientes se logró entre 1978 y 1979, elaborar y conseguir que se aprobara el primer Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas y Conservación de Suelos que incluía en sus actividades recursos para recuperar andenes. Este primer proyecto, que fue luego programa, es actualmente el proyecto de apoyo a la zona alto andina de mayor sobrevivencia en el Ministerio de Agricultura.

La lista de autores de este libro demuestra en forma indudable que el tema de conservación de suelos y de manejo de cuencas en el Perú de hoy ha entrado ya en una etapa de reconocimiento real por parte del estado, de las ONGs, de las universidades y sobre todo de los propios usuarios. A pesar de ello, siempre estos esfuerzos pueden ser borrados de un día para el otro por razones políticas, por rivalidades personales o por simple desconocimiento. Se debe celebrar que existan profesionales que escriban sobre el tema de los andenes, elemento esencial de la presencia y sobrevivencia del ser humano, de su cultura, de la biodiversidad y del paisaje transformado con criterio y respeto al entorno de la frágil región alto-andina.

El libro, por medio de los diferentes aportes de profesionales altamente calificados, varios de los cuales tienen una vida entera entregada a estudiar las zonas andinas, nos llevan por los aspectos históricos, económicos, arqueológicos, antropológicos, sociológicos, culturales, ambientales, climatológicos, geomorfológicos, agronómicos, edafológicos, hidrológicos, forestales y tecnológicos, pertinentes a los habitantes de las zonas de pendientes y climas extremos, a su hábitat y a la tierra que los sustenta. Cada aporte es un complemento del otro y en conjunto resultan en un agradable paseo intelectual y práctico por las diferentes justificaciones y opciones que existen para seguir con la aun incipiente tarea de recuperar, conservar y mejorar el uso de los andenes como medio de producción, de conservación y de valorización de la tierra, utilizado desde hace miles de años por las culturas andinas y de zonas de montaña.

A veces al prologar un libro se estila recorrer brevemente cada aporte a fin de dar una idea al lector de lo que puede encontrar en su lectura. Esta vez no lo hice así pensando que entre los lectores deben estar también aquellos que formulan las políticas agrarias y económicas que afectan al futuro de los habitantes de la sierra del Perú. Quisiera, por lo tanto, evitar la fase descriptiva y sintetizadora de cada artículo y considerar que los nombres de los autores y los títulos de sus trabajos se explican por sí solos. Dejo por lo tanto a ustedes la elección del camino a seguir para leer los trabajos presentados y ordenados por los editores. Espero que los que accedan a esta obra sean, como sus autores, de las más variadas profesiones y, sobre todo, que los políticos que deciden sobre el futuro de la agricultura y la cultura de los habitantes de la serranía tomen en cuenta lo que aquí se consigna cuando deban tomar decisiones.

Axel Dourojeanni

Autores

Víctor Barrena

Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG, Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, *vbarrena@lamolina.edu.pe*

María A. Benavides

Sociedad Geográfica de Lima, Perú, *mariaben@speedy.com.pe*

Mario Cáceres

Consultor, Ciencias del Suelo, Cajamarca, Perú, *caceres_mario@hotmail.com*

Hildegardo Córdova

Centro de Investigación en Geografía Aplicada (CIGA), Departamento de Humanidades, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú, *hcordov@pucp.edu.pe*

Julio A. Costello

Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina, *jacoste@huma.unca.edu.ar*

Helena Cotler

Instituto Nacional de Ecología, México D.F., México, *hcotler@ine.gob.mx*

Amanda De la Torre

Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), Lima, Perú, *amandadl@hotmai.com*

Raúl Dolorier

Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), Lima, Perú, *rdolorierm@hotmail.com*

Carmen Felipe-Morales

Instituto de Promoción para la Gestión del Agua (IPROGA), Lima, Perú, *carmenfm@terra.com.pe*

Jerónimo García

Departamento de Física y Meteorología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), Lima, Perú, *jgarcia@lamolina.edu.pe*

Carlos Garnica

Proyecto Tambopata-Inambari (PTI), Consorcio CESVI-ProNaturaleza, Puerto Maldonado, Perú, *cgarnica@pronaturaleza.org*

Efraín Gonzales de Olarte

Facultad de Economía, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú, *egonzal@pucp.edu.pe*

Mónica Gutiérrez

Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, *monig@lamolina.edu.pe*

Moshe Inbar

Departamento de Geografía, Universidad de Haifa, Israel, *inbar@geo.haifa.ac.il*

Ann Kendall

Cusichaca Trust, Andahuaylas, Apurímac, Perú. Institute of Archaeology, University College London, UK, *eannkendall@hotmail.com*

Carlos A. Llerena

Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, *callerena@lamolina.edu.pe*

Fedora Martínez

Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia (MNAAH), Lima, Perú, *fedoramg@hotmail.com*

Luis Masson

Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NCTL), Lima, Perú, *massandenes@viabcp.com*

Medardo Molina

Consultor en Recursos Hídricos, San José, California, EE.UU., *mmolinag@aol.com*

Elías Mujica

Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), Lima, Perú, *e.mujica@cgiar.org*

Alcides Rosas

Municipalidad de La Encañada, Cajamarca, Perú.

Dionisio Salas

Departamento de Mecanización Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), Lima, Perú, *dsalas@lamolina.edu.pe*

Sebastián Santayana

Departamento de Recursos de Agua y Tierra (DRAT), Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, *santayana@lamolina.edu.pe*

Luis Taboada

Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), Lima, Perú, *lutaba55@hotmail.com*

Mario E. Tapia

Consultor en Agricultura Andina, Lima, Perú, *mariotapia@amauta.rcp.net.pe*

Carolina Trivelli

Instituto de Estudios Peruanos (IEP), Lima, Perú, *trivelli@iep.org.pe*

Introducción

Los andenes en los Andes centrales: un desafío científico, social, económico y político para la presente generación

Los suelos acumulados durante centenares de años en andenes construidos en zonas de montaña, fueron la base para el florecimiento de ancestrales culturas de gran desarrollo en la cordillera de los Andes y en otras partes del mundo, como en los Himalayas, en zonas montañosas del Mediterráneo, en el cercano y el lejano Oriente y el sudeste de Asia. En todas estas áreas y en otras, encontramos desde los primeros períodos de la historia, evidencias de la construcción de terrazas agrícolas que fueron la base de la subsistencia económica de antiguas civilizaciones desde hace más de cinco mil años.

En el Perú los andenes se construyeron en laderas con la mayor pendiente conocida en el mundo y constituyeron una base económica fundamental en el desarrollo de las culturas preincaica e incaica, debido a sus siguientes tres funciones principales:

1. La hidrológica, de conservar el agua aumentando su infiltración y su capacidad de retención en el suelo, así como preservando su calidad.
2. La edáfica y geomorfológica, al reducir los ritmos de erosión y de transporte de sedimentos hacia los cauces de quebradas y ríos, manteniendo los suelos en donde estos son productivos por largos períodos de tiempo.
3. La práctica o de uso de la tierra, al producir un cambio en la pendiente del terreno que permite adaptar sistemas agrícolas a zonas de montaña, con la consolidación social necesaria para un mantenimiento constante del sistema de producción local.

Sin embargo, los actuales procesos socioeconómicos y culturales afectan fuerte e inevitablemente el mantenimiento de los andenes, uno de los recursos naturales más valiosos que el hombre ha desarrollado. Al mismo tiempo, existen muy pocos estudios que analizan la relación suelo-agua y los procesos geomorfológicos relacionados al uso, abuso y abandono de las terrazas agrícolas. Menos publicaciones se conocen aun sobre las relaciones entre los procesos físicos de la degradación del suelo y su impacto socioeconómico en las comunidades agrícolas. La explicación podría estar en la dificultad de aislar los factores directos del abandono de andenes de otros de mayor alcance como la migración rural, los precios de mercado o los procesos de urbanización. Varios de los artículos en este libro abordan estos temas y constituyen un importante aporte al estudio de los andenes.

A fin de exponer, actualizar y analizar la problemática de los andenes, nos reunimos el 8 de mayo de 1997, setenta académicos, investigadores y promotores agrícolas gubernamentales y de ONG's en la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima, en el simposio "Conservación y Abandono de Andenes" co-auspiciado por la Comisión de Degradación de Tierras y Desertificación (COMLAND), de la Unión Geográfica Internacional. En esta reunión se presentaron y discutieron 19 ponencias, y el día 9 se visitaron las andenerías de San Juan de Iris.

El simposio fue parte del Proyecto: «Estudio de Procesos Erosivos en Áreas Montañasas del Perú» (TA-MOU-C12-006, Programa US-Israel AID/CDR), llevado a cabo en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú por la Universidad de Haifa y la Universidad Nacional Agraria La Molina, financiado en parte por USAID-Washington. Fueron objetivos de esta reunión:

1. Definir y actualizar el conocimiento de los procesos de uso y abandono de andenes.
2. Presentar los estudios sobre andenes en los últimos años.
3. Reunir y acercar a profesionales de distintas organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas y a dirigentes de comunidades, para dar a conocer y difundir las distintas y variadas actividades que se realizan sobre andenes.
4. Exponer ante la opinión pública el tema de los andenes y su importancia como patrimonio cultural y económico.

Este libro incluye ponencias del simposio y también otros trabajos. Presenta estudios sobre andenes agrícolas realizados desde el norte del Perú hasta la provincia de Catamarca en Argentina, en casi toda la extensión de los Andes centrales. La mayor parte de las contribuciones están basadas en estudios empíricos realizados durante varios años y constituyen una valiosa base de datos, análisis y conclusiones. Uno de los más importantes objetivos del libro es su difusión entre planificadores, personal de manejo agrícola y rural y las comunidades andinas. Las recomendaciones y conclusiones podrán conducir a un mejor manejo y a un uso más eficiente de los andenes, sus cultivos, la forestación y el agua, como también a su conservación como patrimonio cultural.

Deseamos expresar nuestro reconocimiento y gratitud a la Universidad Nacional Agraria La Molina de Lima, Perú, a la Universidad de Haifa, Israel y a la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de América (USAID) por sus aportes a esta publicación. Debemos destacar aquí el especial y oportuno apoyo de Boaz Ayalon desde la Embajada de los Estados Unidos en Tel Aviv. Agradecemos también a la Fundación para el Desarrollo Agrario (FDA), en especial a la Sra. Edith Melgar. Estamos asimismo, los ilustres profesionales que con su participación en el simposio y en este libro han aportado su valiosa experiencia y conocimiento. Deseamos mencionar además a los que colaboraron en la compleja y prolongada edición de este material: Amanda De la Torre, Carlos Mavila, Manuel Mavila, Luisa Riveros, Blenda Femenías, Miguel Álvarez, Marcela Lumbreras, Delia Flores y Luis M. Llerena. A todos los que aportaron las fotografías, a los que compilaron las referencias bibliográficas extensivas sobre los Andes centrales. A los egresados y estudiantes de La Molina y la Católica que colaboraron en el levantamiento de los datos de campo de los andenes de la cuenca del río Santa Eulalia y en su procesamiento, especialmente a Pablo Araujo, Romi Bazo y Patricia Huerta.

Merecen aquí nuestra mayor gratitud los pobladores y las autoridades de las Comunidades Campesinas de Santa Eulalia, en especial las de San Juan de Iris, San Pedro de Casta y Laraos, quienes desde 1993, siempre muy amablemente, nos dieron su consentimiento y apoyo para el desarrollo de nuestras tareas. En Iris recordamos la hospitalidad de Urbina Laura y Juan De la Cruz y en Casta (Upica) la presencia de Faustino Ascencios. Queremos además, personificar en la figura de Gaudencio Retamozo a todos los campesinos forjadores y depositarios de esta tan importante tradición de construcción y uso de andenes en esta parte de los Andes. El señor Retamozo, principal y eficiente colaborador nuestro en el campo, siempre nos sorprendió como un personaje vital, abierto y de singular inteligencia, respetado como autoridad local de Iris, gran experto en andenes y en su amplio, agreste e imponente medio natural.

Carlos A. Llerena, Moshe Inbar y María A. Benavides

**SIMPOSIO
CONSERVACIÓN y ABANDONO DE ANDENES**
Auditorio UNALM, 8 de mayo de 1997



De izquierda a derecha: Atanasio Neofol, Wilman Doria, Braulio Buendía, Fernando Velásquez, Haydeé Roque, Nancy Cáceres, Ernesto Paredes, Elizabeth Culqui, Luis Masson, Hildegardo Córdova, César Lévano, Carlos Osorio, Carmen Felipe-Morales, Medardo Molina, Jerónimo García, Javier Goycochea, Raúl Dolorier, Paola Aibar, Dante Pérez, Braulio La Torre, Carlos A. Llerena, Mónica Gutiérrez, Rosa Rivas, Moshe Inbar, Rosa Ocaña, Dionisio Salas, Fedora Martínez, Luis Cavero, Manuel Merino.

1. Medio físico

✍ **Jerónimo García**

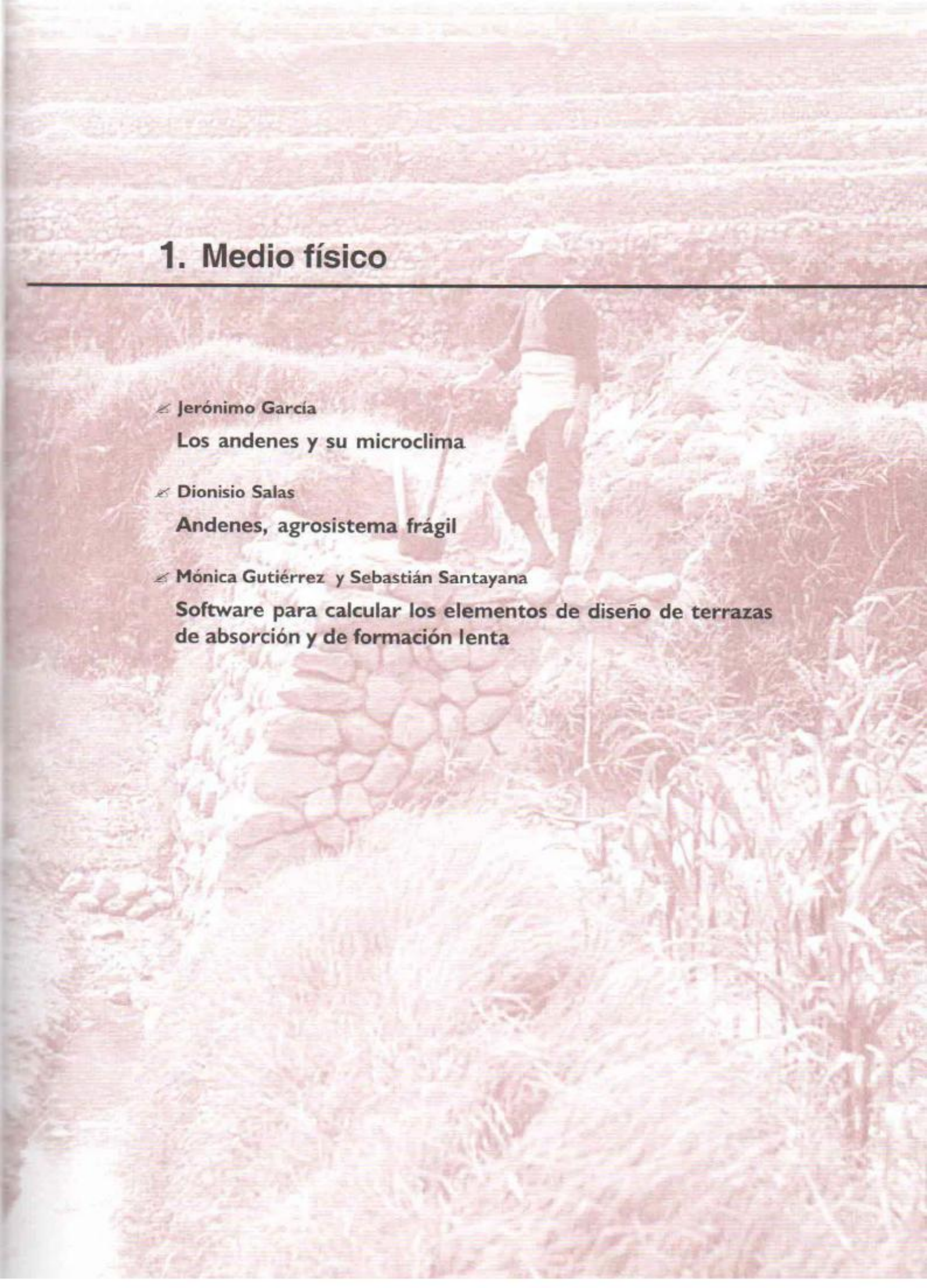
Los andenes y su microclima

✍ **Dionisio Salas**

Andenes, agrosistema frágil

✍ **Mónica Gutiérrez y Sebastián Santayana**

Software para calcular los elementos de diseño de terrazas de absorción y de formación lenta





Los andenes y su microclima

(Terracing and microclimate)

RESUMEN

Los andenes pueden definirse como la modificación, por acción del hombre, de la topografía de las tierras con pendientes, con el propósito de hacer un mejor aprovechamiento de los recursos suelo, agua y clima. En lo que concierne al clima, la presencia de los andenes permite crear y mejorar microclimas que se caracterizan por presentar ambientes protegidos del efecto de transferencia advectiva de energía, cambios temporales reducidos, conservación de los componentes del efecto invernadero de la atmósfera y creación de ambientes de turbulencia o mezcla, que reducen el ritmo de pérdida de la energía almacenada y pueden favorecer el desarrollo de los cultivos.

ABSTRACT

Terracing can be defined as man made alteration of sloping land topography, with the object of making better use of natural resources such as soil, water, and climate. Regarding climate, terracing enables the creation and improvement of microclimates, protecting the environment from advective transferral of energy, reducing temporal changes, conserving the components of greenhouse effects in the atmosphere, creating an environment of turbulence or air mixture that reduces the loss of preserved energy, and favour the development of crops.

¹ Departamento de Física y Meteorología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), jgarcia@lamolina.edu.pe

Microclima

El microclima, para nuestro caso, será entendido como el clima de áreas muy reducidas (menores de 100 km²), donde las diferencias entre los elementos del microclima son originadas por las diversas características físicas e hídricas del suelo, topografía del terreno, tipo de vegetación, etc. Además, dichas áreas se caracterizan por presentar subáreas como fuentes de calor, humedad y gases, otras subáreas como sumideros de calor. El conocimiento de estas características microclimáticas en áreas topográficas tan heterogéneas como la de los Andes, es de vital importancia para hacer uso adecuado del recurso suelo y clima; aprovechando áreas aptas y evitando aquellas que no lo son; en otros casos, será importante para tomar decisiones de modificaciones de la topografía del terreno y, con ello, también, del microclima. Los andenes y los *waru warus* son ejemplos de dichas modificaciones.

Factores microclimáticos en los Andes

Los factores controladores del microclima de localidades situadas en los Andes pueden agruparse en dos grupos:

a) Factores permanentes

Aquellos que siempre están presentes:

- Altitud.
- Relieve topográfico: exposición, picos, planicies, valles.
- Movimientos de la Tierra: día, noche y estaciones del año.

b) Factores variables

- Corrientes oceánicas: cercanía, lejanía y tipo.
- Altas presiones cuasi permanentes: intensificación, debilitamiento y desplazamientos.
- Transparencia atmosférica o efecto invernadero de la atmósfera: circulación local, circulación regional, masas de aire (frías, cálidas, húmedas, secas, etc).

Estos factores determinan una alta disponibilidad de energía durante el día y una deficiencia durante la noche. Esta última característica se ve acentuada por la presencia de masas de aire frías con poca humedad, presencia de corrientes advectivas de aire que disminuyen el efecto invernadero del aire; por esta razón para contrarrestar la deficiencia de energía, a través de modificación del microclima, debemos actuar sobre la advección, reduciendo la transferencia de energía, vapor de agua, CO₂, etc, y sobre la transparencia atmosférica evitando o reduciendo el transporte del vapor de agua y otros componentes del efecto invernadero.

Balance energético en situaciones de pérdida de energía

Durante el ciclo energético de 24 horas, comprendido entre dos salidas del sol, existen dos situaciones muy marcadas; una, durante la cual el sistema gana energía y, la otra, en la cual el sistema pierde energía. Normalmente el período de ganancia de energía ocurre desde la salida del sol hasta aproximadamente las 15 horas; a partir de esta hora hasta el siguiente ciclo energético, comprende el período de pérdida de energía. En la figura 1 se muestra un esquema representativo de los términos del balan-

Componentes de la transparencia atmosférica:
Bióxido de Carbono: CO₂; Ozono: O₃; Vapor de agua

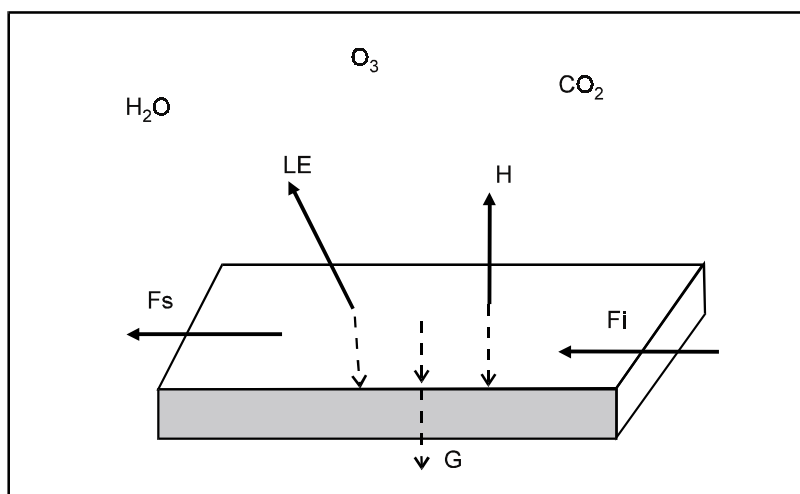


Fig. 1. Balance de energía en suelo desnudo. Calor de cambio de estado (LE). Calor sensible (H). Calor almacenado en el suelo (G). Flujo horizontal de ingreso (Fi) y salida (Fs).

ce de energía en el período de pérdida de energía en un sistema de suelo sin vegetación.

En situaciones en que se desea reducir la pérdida de energía, es necesario realizar acciones para reducir la pérdida por transferencia horizontal actuando sobre el flujo de salida (F_s); también debe reducirse la pérdida de energía transferida por calor sensible (H) y calor de cambio de estado (LE), a través de acciones tendientes al aumento o evitando la pérdida de los gases componentes de la transparencia atmosférica. Las acciones de construcción de andenes conllevan a los dos tipos de modificaciones, lo cual analizamos a continuación.

La circulación local y la transferencia de energía en andenes

En las localidades donde se encuentran los andenes, normalmente, se tienen los vientos anabáticos y/o vientos de valle durante el período diurno, o los vientos catabáticos y/o vientos de montaña durante el período nocturno. La figura 2 representa el proceso de transferencia de energía, por una de estas circulaciones locales, durante el período diurno, en situación de pérdida de energía (aproximadamente después de las 15 horas). Observamos que los andenes constituyen áreas

protegidas del efecto directo del flujo ascendente a través de la ladera, se observa también la formación de flujos de circulación en cada andén, los que permiten el ingreso al sistema de calor y humedad del flujo ascendente, así como una pequeña salida de vapor de agua, CO_2 , etc. del sistema andén. Las circulaciones indicadas constituyen flujos turbulentos que ejercen la mezcla de las propiedades ingresantes con las originarias en el sistema. Como resultado de estos procesos dinámicos se consigue: en primer lugar, mejorar y conservar el efecto invernadero del micro ambiente del sistema andén y, en segundo lugar, reducir la salida de energía del sistema andén por el flujo anabático; todo ello permite tener mejores condiciones microclimáticas.

Balance de energía en andenes y en sistemas naturales

En la figura 3 representamos esquemáticamente el balance de energía en un sistema situado en una ladera en condiciones naturales y en andén. El primer sistema está constituido por una área descubierta sin protección, ello hace que tenga menor efecto invernadero y mayor pérdida de energía por la circulación local en comparación con el sistema ubicado en andén. Esto nos indica que los microclimas de los andenes son mejores que los de laderas en condiciones naturales.

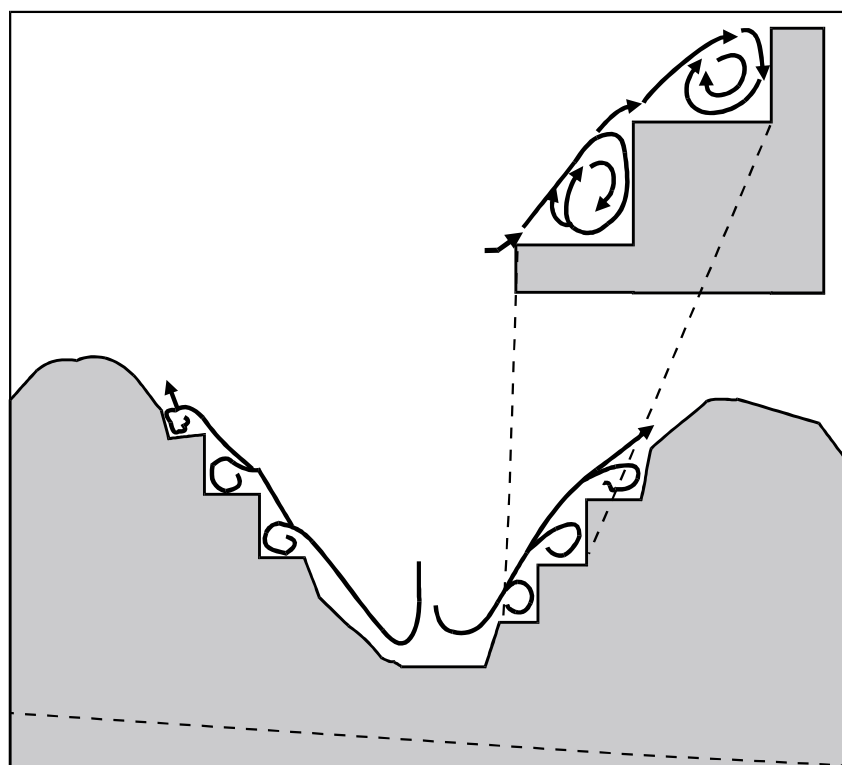


Fig. 2. Transferencia advectiva de calor, vapor de agua y otras propiedades en un sistema de andenes.

El tamaño de las flechas es un indicador cualitativo de la magnitud de energía que sale del sistema o que ingresa a este. En la figura representamos la cantidad de energía que ingresa al sistema (FI) con una flecha de mayor longitud para el caso de condiciones naturales y de menor longitud en el caso de sistema de andenes; además, la energía que sale por advección (F_s) es también mucho mayor en condiciones naturales en comparación a la de los andenes. En lo que concierne al calor almacenado por el medio (G), las flechas indican situaciones diferentes:

menor disponibilidad de energía en condiciones naturales y mayor disponibilidad en los andenes. Finalmente, la magnitud del flujo del calor sensible (H) y calor de cambio de estado del agua (LE) están en relación inversa al efecto invernadero, o sea, son mayores en condiciones naturales y menores en los andenes.

Evidentemente, sería necesario realizar estudios cuantitativos para conocer la magnitud de dichos cambios.

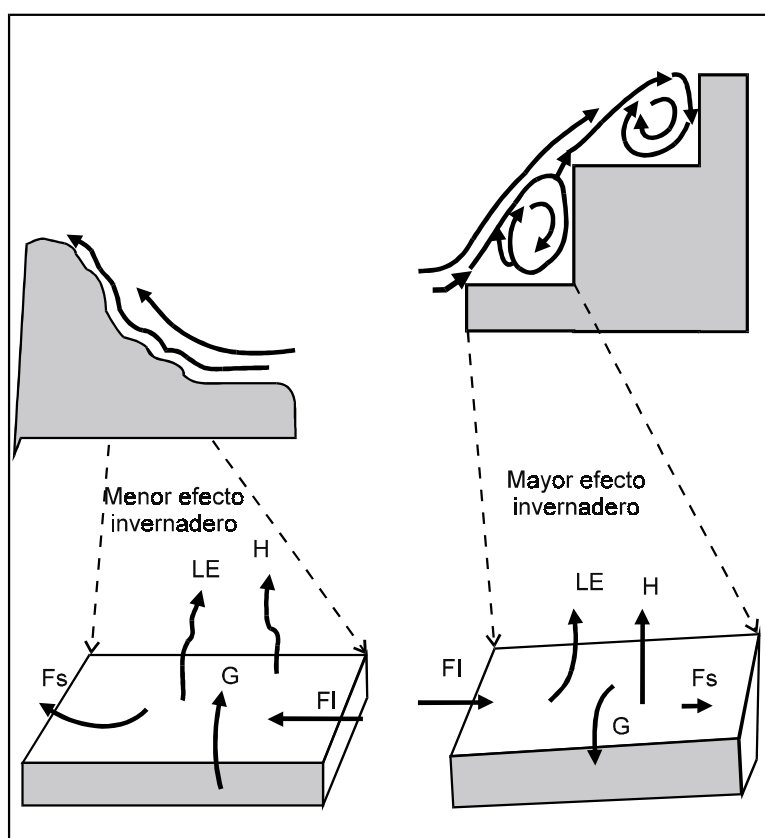


Fig. 3. Proceso de transferencia de energía en condiciones naturales y en sistema de andenes.

Andenes, agrosistema frágil

(Agricultural terraces: A fragile agrosystem)

RESUMEN

La agricultura en terrazas es una ancestral actividad de civilizaciones de alta densidad demográfica y con buena organización social, forzadas por diferentes motivos a trabajar en tierras altas e inclinadas, en algunos casos con muy poca agua. Las terrazas son estructuras frágiles que al alterar la pendiente del terreno están constantemente sujetas a fuerzas naturales que tienden a recuperar la pendiente original de la ladera, tales como la gravedad, los movimientos sísmicos, las lluvias, las sequías, el clima, el crecimiento de la vegetación y la actividad de la fauna silvestre. Las actividades antrópicas y el deterioro cultural del grupo social que hereda andenerías también los impacta y deteriora. El equilibrio de la estructura de la terraza depende del empuje de las tierras contra el muro de sostenimiento, de la resistencia de las tierras al desplazamiento lateral, de la capacidad de carga del suelo y de la estabilidad de los taludes. Un buen manejo de andenes que asegure su funcionamiento como agrosistema óptimo implica evitar la saturación profunda del suelo y el flujo libre de agua sobre el muro, así como la prevención de derrumbes, el mantenimiento del nivel de su plataforma y la pronta reparación de muros deteriorados. Se ha observado que en el estío el muro se desequilibra gradualmente y su caída puede tardar varios meses, mientras que en el período lluvioso los derrumbes son violentos.

ABSTRACT

The terrace agricultural system is an activity linked and evolved together with developed civilizations, very well organized with a high population density, forced to work in highlands and hillsides, some times with a very limited water provision. Terraces are fragile structures which due to the change they produce on the slopes, are constantly under the pressure of forces of nature such as gravity, tremors or earthquakes, rainfall, drought, climate, vegetation growth, and wildlife presence. All these forces tend to recover the original terrain profile. Human activity and socio-cultural degradation affecting Andean populations are other terrace destruction important causes, as well. The terrace structure stability depends on the forces pushing against its wall, on the lack of landfalls and lateral soil displacements, and on using soil conservation measures. Good terrace management for optimum agrosystem functioning implies avoidance of deep soil saturation and free water flowing over the walls, as well as wall collapse prevention, maintenance of the platforms levelled, and rapid repair of degrading walls. It was observed that wall collapse is gradual during the dry season and it might take several months; however, during the rainy season, and without proper care, walls can degrade and collapse very fast.

¹ Departamento de Mecanización Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), dsalas@lamolina.edu.pe

Introducción

La agricultura en terrazas es un fenómeno desarrollado desde tiempos inmemoriales y distribuido por todo el globo. En Asia: Sumatra, Filipinas, Yemen, Nepal, China, Turquía, Paquistán y otros lugares. En Africa: Etiopía, Sudán, Uganda, Túnez, Argel y otros. En Europa: España, Portugal, Italia, Rumania, Francia, Suiza y otros lugares. En América: desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina (Donkin, 1979).

La construcción de terrazas para fines agrícolas está ligada a sociedades muy bien organizadas pertenecientes a civilizaciones superiores y que presentaban fuertes densidades demográficas. En América, las civilizaciones que construyeron andenes fueron: Azteca, Maya, Chimú, Tiahuanaco, Inca y otras más. Su creación es el resultado de la reunión de factores técnicos, económicos y sociales en determinados períodos de la historia humana y en determinados lugares geográficos; bajo condiciones de laderas inclinadas 5% a 40%, estíos prolongados y aguaceros de gran intensidad y corta duración, como estímulos a su creación y desarrollo. Después de su construcción han pasado varias veces por sucesivas etapas de abandono, deterioro y reconstrucción al ser pobladas otra vez por nuevas etnias que llegaron a rehabilitarlos. Siendo este también un fenómeno mundial y sin memoria exacta. Las causas del abandono pudieron ser la captura y el traslado de esclavos, las guerras y/o las epidemias que diezmaron la población, los cambios climáticos, los terremotos, etc.

A los constructores de terrazas, no siempre les interesó la corrección total de la pendiente. A veces creyeron suficiente reducir el talud natural a la mitad o algo menos. Se denomina bancales rígidos a los que presentan superficies de horizontalidad casi perfecta, lo cual es característico en los andenes de Perú y Bolivia.

El andén agrícola es una superficie horizontal sostenida por dos muros alineados a máxima pendiente y un muro a curvas de nivel; hecho con los siguientes propósitos:

- Reducir las pendientes.
- Reducir el flujo de las aguas a un régimen no erosivo.
- Mantener la tierra vegetal.
- Manejar el agua eficientemente.

Agrosistema

Los andenes son producto de una penosa acumulación de conocimientos técnicos a base de éxitos y fracasos; que terminó en un sistema físico que funciona satisfactoriamente con el trabajo comunitario del hombre, permitiendo manejar mejor el agua (riego y drenaje) y el suelo.

Casi siempre se construyó andenes donde hubo poco o nada de tierra vegetal, lo cual obligó a transportar suelo para crear una capa cultivable horizontal sostenida por tres muros. El hombre sembró en ellos las plantas útiles; el viento, el agua y otros agentes del medio llevaron al andén la vida silvestre convirtiéndolo en parte del sistema ecológico regional.

El artificio cambió el paisaje de una ladera empinada y poco fértil, a una escalera gigante que sube la pendiente y sostiene un suelo fecundo en cada banco (foto 1).

Se dotó a las terrazas de cauces para evacuar los excesos de lluvias, y, en el caso de disponer agua para riego, de las acequias y partidores necesarios para distribuirla. También tienen los necesarios caminos.

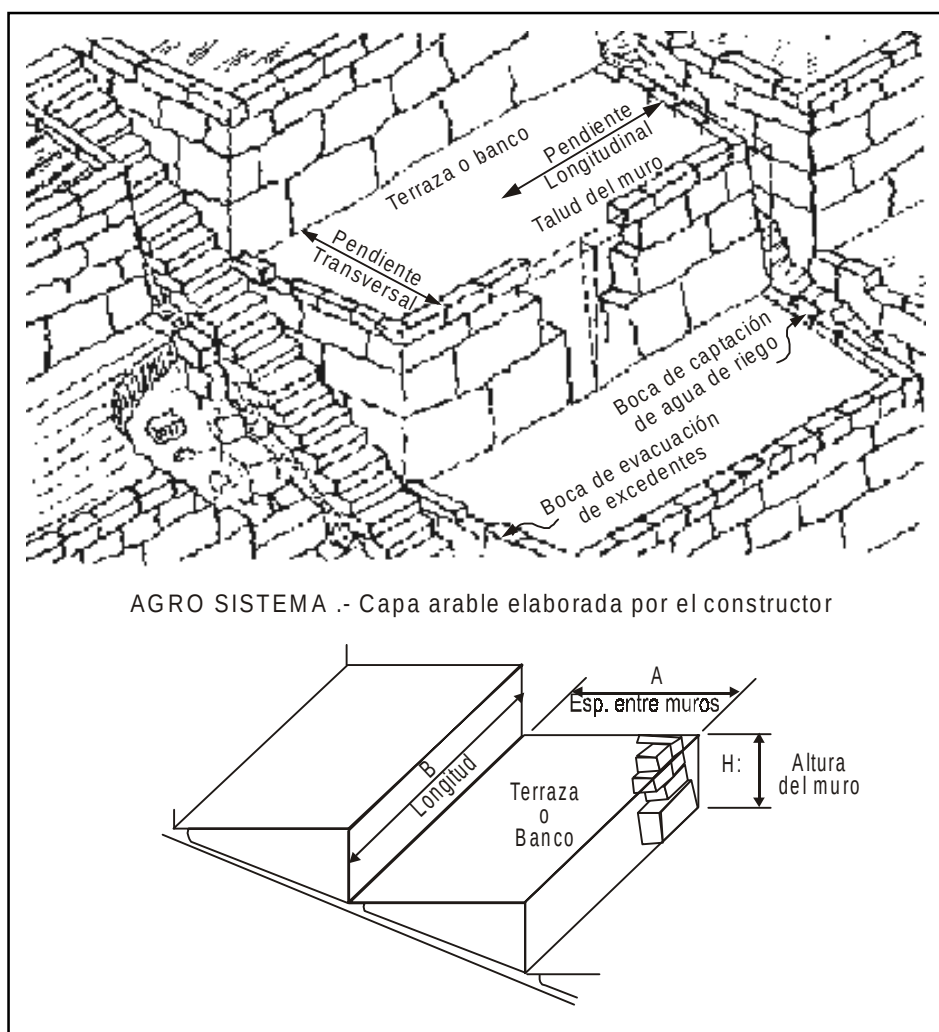
Parámetros del andén

Un sistema de andenerías queda definido por los siguientes parámetros (figura 1):

- Pendientes transversal y longitudinal de la terraza.
- Espaciamiento entre muros (A).
- Dimensiones de la terraza: largo (B) y ancho (D) del banco.



Foto 1. Laderas empinadas, convertidas en bancos que sostienen el suelo fecundo.



AGRO SISTEMA .- Capa arable elaborada por el constructor

Fig. 1. Parámetros del andén

- Altura del muro (H).
- Talud del muro de contención (Z).
- Dimensiones y pendientes de acequias y partidores.
- Ancho y pendiente de los senderos.

Parámetros principales

Las pendientes longitudinal y transversal del banco o terraza son los parámetros principales porque definen la velocidad del flujo del agua; para que no sea erosivo, tales pendientes deben estar entre 0,0% y 0,3%.

Espaciamiento entre muros: (A)

Es la distancia horizontal entre los muros longitudinales de dos andenes consecutivos (figura 2).

Su dimensión está en razón directa a la altura del muro y en razón inversa a la inclinación original de la ladera; según la relación:

$$A = \frac{H}{\text{tg } \theta}$$

Cuando θ es mínimo (3° a 6°) A es máximo; funcionando como límite la capacidad humana y de la herramienta usada para nivelar terrazas (15 a 30 m.).

Cuando θ crece, el distanciamiento entre muros es definido por el valor H, que en promedio tiene un límite comprendido entre 1,5 a 2,0 m. Excepcionalmente llega a 3,0 m. cuando en la ladera original, antes de la construcción de los andenes la capa de tierra sobre la roca fue delgada, obligó a disminuir la altura del muro (H) y consecuentemente el espaciamento (A).

Paralelamente a esto se observa que casi siempre el muro está basado en la roca subyacente.

Longitud del andén

La longitud (B) es limitada por la presencia de obstáculos como cauces naturales, cambios bruscos en la orientación de la ladera, afloramientos de roca o excesiva pedregosidad.

Las acequias y caminos se construyen paralelos a los andenes o transversales a los mismos, por tanto, corren a pendiente mínima o, en caso contrario, a máxima pendiente.

Con frecuencia, los partidores están en tramos a 0,0% de pendiente.

Ancho del andén (D = ancho del banco)

Es la dimensión transversal de la terraza, igual al espaciamiento entre muros (A) menos el espesor del muro (C) y menos la proyección horizontal del talud del muro ($y = Z \times H$) (figura 2).

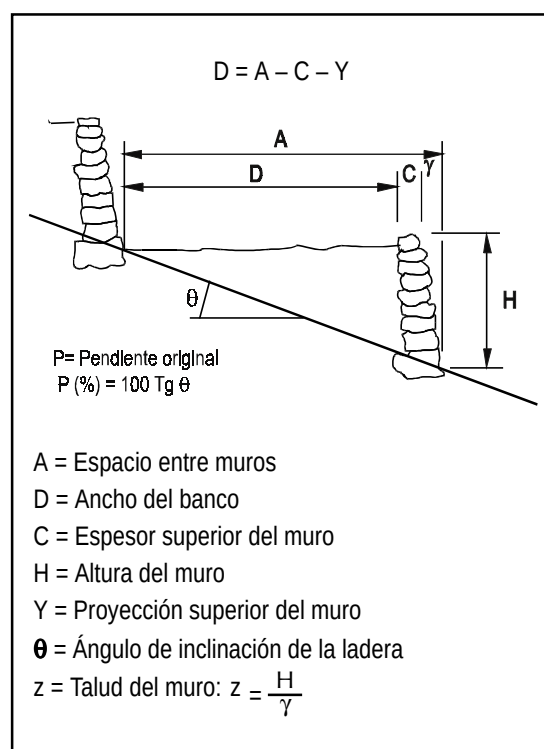


Fig. 2. Ancho del andén

Altura del muro (H)

La altura que el muro puede alcanzar tiene un límite equivalente a la estatura humana. Es entonces un limitante la fuerza disponible para alzar piedras. Tal fuerza

levanta fácilmente 30 kg, puede desplazar piedras grandes de hasta 70 kg de peso, haciéndolas rodar a mano, y el triple, usando palanca.

Otros limitantes son la dimensión y forma de la piedra. Piedras grandes de formas regulares (roca quebrada) garantizan estabilidad; con piedras pequeñas no es posible hacer muros altos, tampoco con piedras redondeadas por la acción aluvial (piedra de río).

El muro puede alzarse desde la altura de la rodilla (0,5 m) hasta 1,5 ó 2,0 m; ocasionalmente llega a 3,0 m como en Pisac.

Talud del muro de contención (Z)

Los muros se pircan en seco (sin argamasa de unión) con una inclinación de 0,05:1 a 0,15:1 hacia el interior del banco que sostienen.

Esta inclinación favorece la estabilidad de los muros, que también depende de la forma, tamaño y peso de cada roca empleada, del material depositado tras el muro y de un drenaje adecuado.

Dimensiones y pendientes de acequias y partidores

Depende del caudal de agua disponible para el riego, pero, el máximo no supera lo que es capaz de manejar el hombre a mano: $\pm 0,1 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Los cauces corren paralelos al andén a pendiente mínima (0,0% - 0,3%), o a través de estos a pendiente máxima. Los partidores y tomas casi siempre son en tramos a 0,0% de pendiente.

Senderos

Como obra labrada a mano por el hombre, los senderos son para recorrerlos a pie; en pareja o en trío por los caminos principales (1,5 a 2 m), y de a uno en la mayoría de los casos (0,6 a 1,0 m). Salvo algunos senderos principales, casi todos van paralelos a las acequias o son la acequia misma.

Cómo construir andenes

Conociendo la pendiente natural de la ladera sobre la cual se quiere construir andenes, se define el espaciamiento entre muros, el largo del andén, la altura de los muros y otras dimensiones. En la construcción se pueden seguir los siguientes pasos:

- **Trazo de los muros.** Se debe trazar las líneas sobre las que construirán los muros, espaciándolos sobre la pendiente, según diseño; usando un nivel de inge-

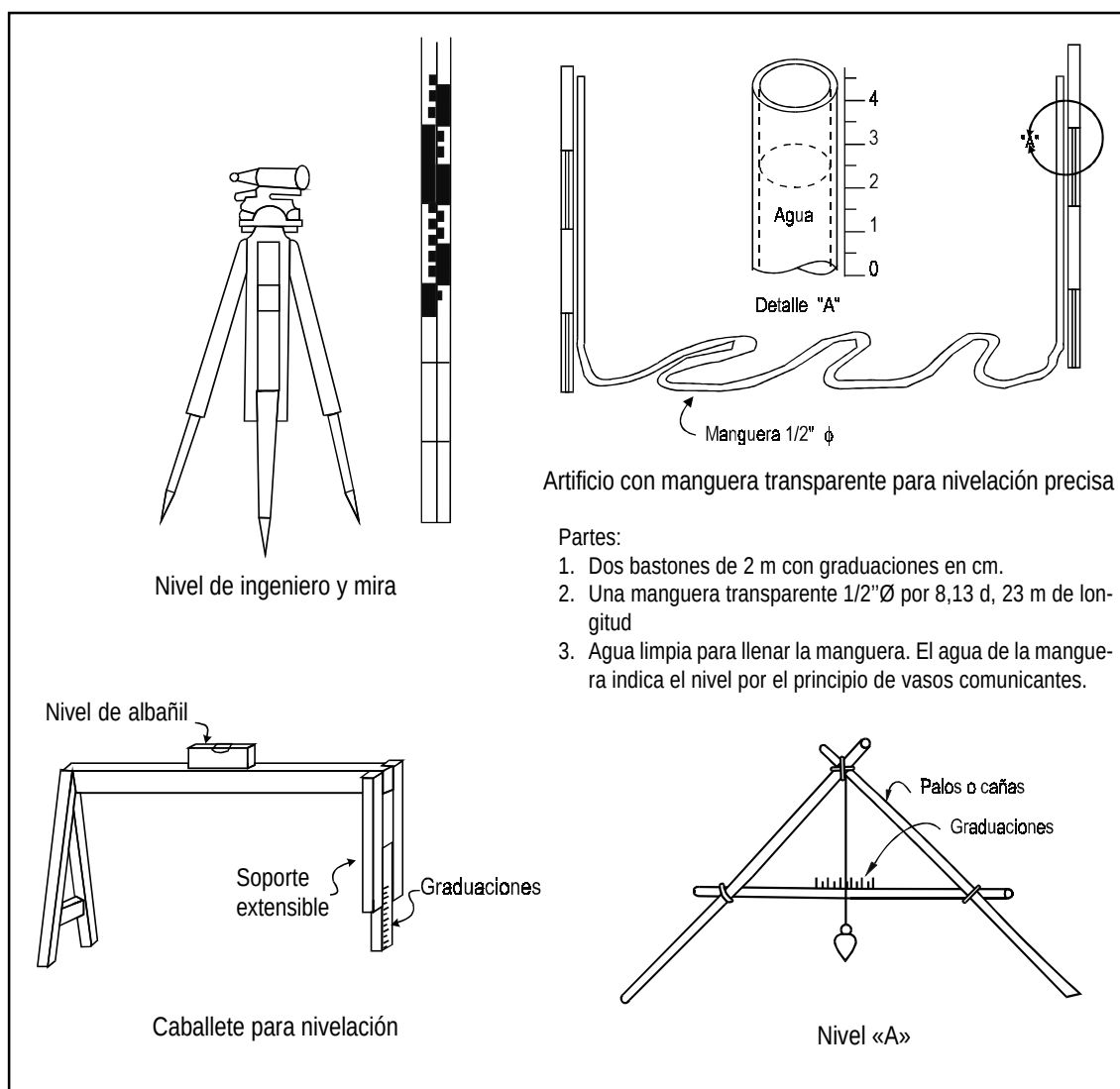


Fig. 3. Herramientas para trazar andenes

niero y mira, o en su ausencia, una manguera transparente, o un caballete para nivelación, o el nivel A (figura 3).

Se traza ubicando jalones cada 5, 10 ó 20 m, dependiendo, si es ondulado o no el terreno; con los jalones se va señalando una línea curva a pendiente constante, la pendiente de diseño (figura 4).

Se puede también trazar "al ojo" una línea aproximadamente a nivel. Se construye luego un surco a todo lo largo del trazo, se hace discurrir por ese surco un pequeño flujo de agua (± 1 l/seg.) para usarlo como indicador de nivel, de uno a otro extremo; se descuentan los centímetros necesarios para darle la pendiente requerida, y listo.

- **Corrección de curvas.** Generalmente, el trazo inicial con instrumentos entrega curvas muy sinuosas, que

es necesario corregir promediando altos y bajos para obtener curvaturas amplias, a radios mayores a 50 m o trazos en línea recta.

- **Apertura de zanjas.** Cavar hasta la roca subyacente para cimentar sobre ella el muro de contención; pero si el perfil de tierra es profundo, cavar hasta una profundidad igual a $1/4$ ó $1/3$ de la altura diseñada para el muro. Al cavar, separar la capa fértil del resto de tierra, así como las piedras pequeñas o grandes separadamente.
- Empezar la pirca con las piedras más grandes. Si se basan estas sobre la roca, cortarla para asentar las piedras en superficie plana, de modo que el muro quede afirmado contra posible deslizamiento provocado por el empuje horizontal.
- Las piedras no empleadas en la pirca, por ser pequeñas o redondas, se colocarán como relleno en el lado

interno del muro. Clasificando las grandes debajo, medianas enseguida y al último las pequeñas.

Se cortará cualquier afloramiento rocoso que pueda estar a nivel de la capa de raíces o muy cerca.

- Rellenar la subrizosfera con capas de 15 cm compactando cada una antes de depositar la siguiente. Depositar la capa de raíces sin compactar.

Nivelar la superficie de la terraza comprobando que la capa arable sea de 30 cm de espesor como mínimo. Si no es así, cortar la roca, y/o desempedrar, para que la capa de raíces contenga poco o nada de piedra.

Funcionamiento de los andenes

Se ejerce la agricultura sobre andenes con fuerza muscular humana empleando herramientas manuales diversas, muchas de estas construidas con materiales de la localidad, como madera, cuero, hueso y partes metálicas como repuestos descartados de otras máquinas. Así, por ejemplo, la chaquitacla se construye con dos o tres palos convenientemente labrados a mano, una hoja de muelle a la que, mediante forja, se le ha dado la forma de pala, y cordones de cuero crudo (sin curtir); este último se usa para unir cada una de sus partes, se amarra

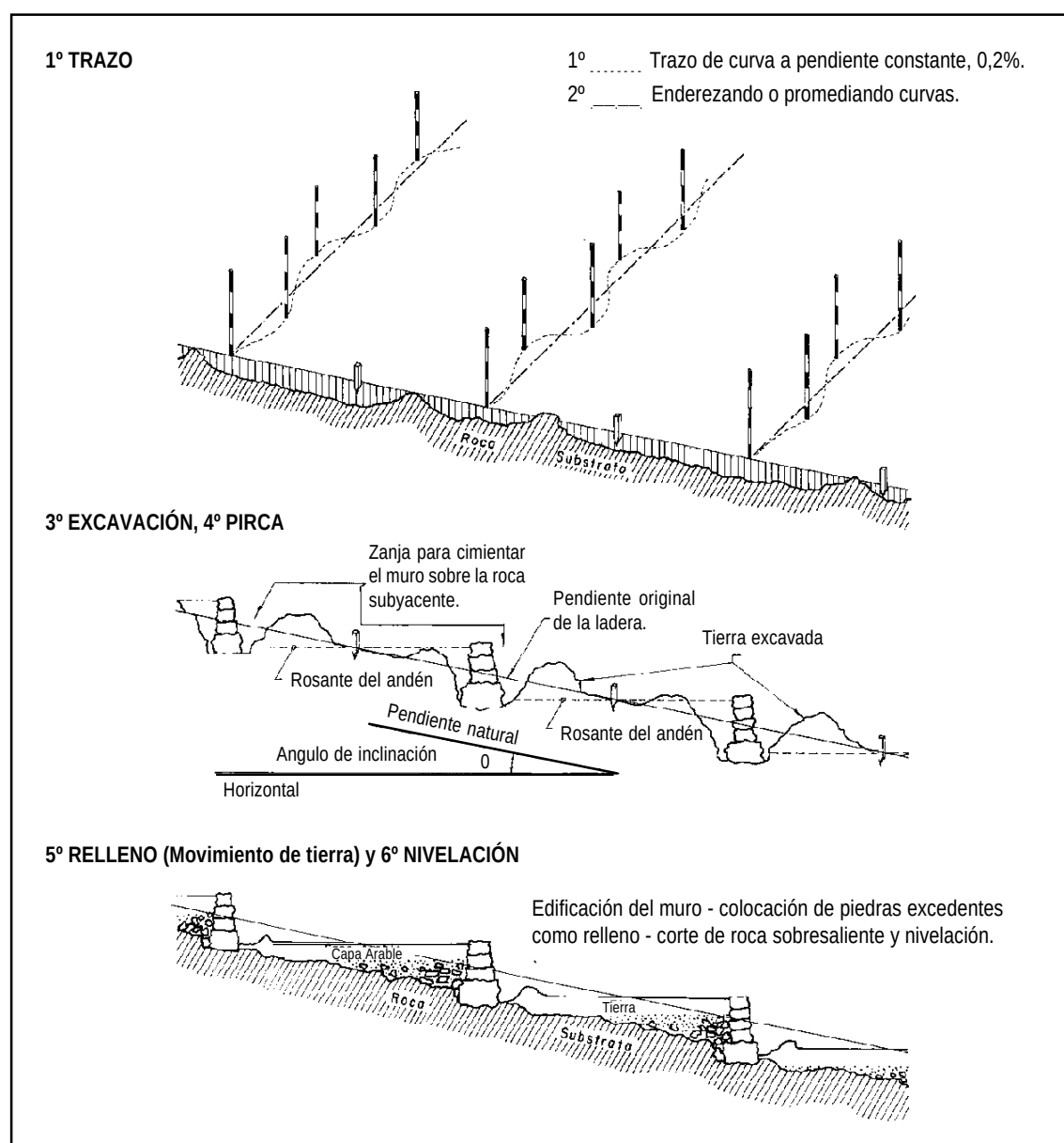


Fig. 4. Fases en la construcción de un sistema de andenes

con un tiento de cuero mojado, que al secar se contrae, proporcionando una unión rígida. Se usan también: comba, cinceles y barreta para picar piedra en la reconstrucción de muros; mazo para desterronar; azada y lampas

para diversas tareas de cultivo y riego, lampa cuchara para palear (lanzar tierra); lampa recta para cavar; lampa larga para aporcar; hoz para segar forrajes o cereales; y machete y cochuna para cortar maíz (figura 5).

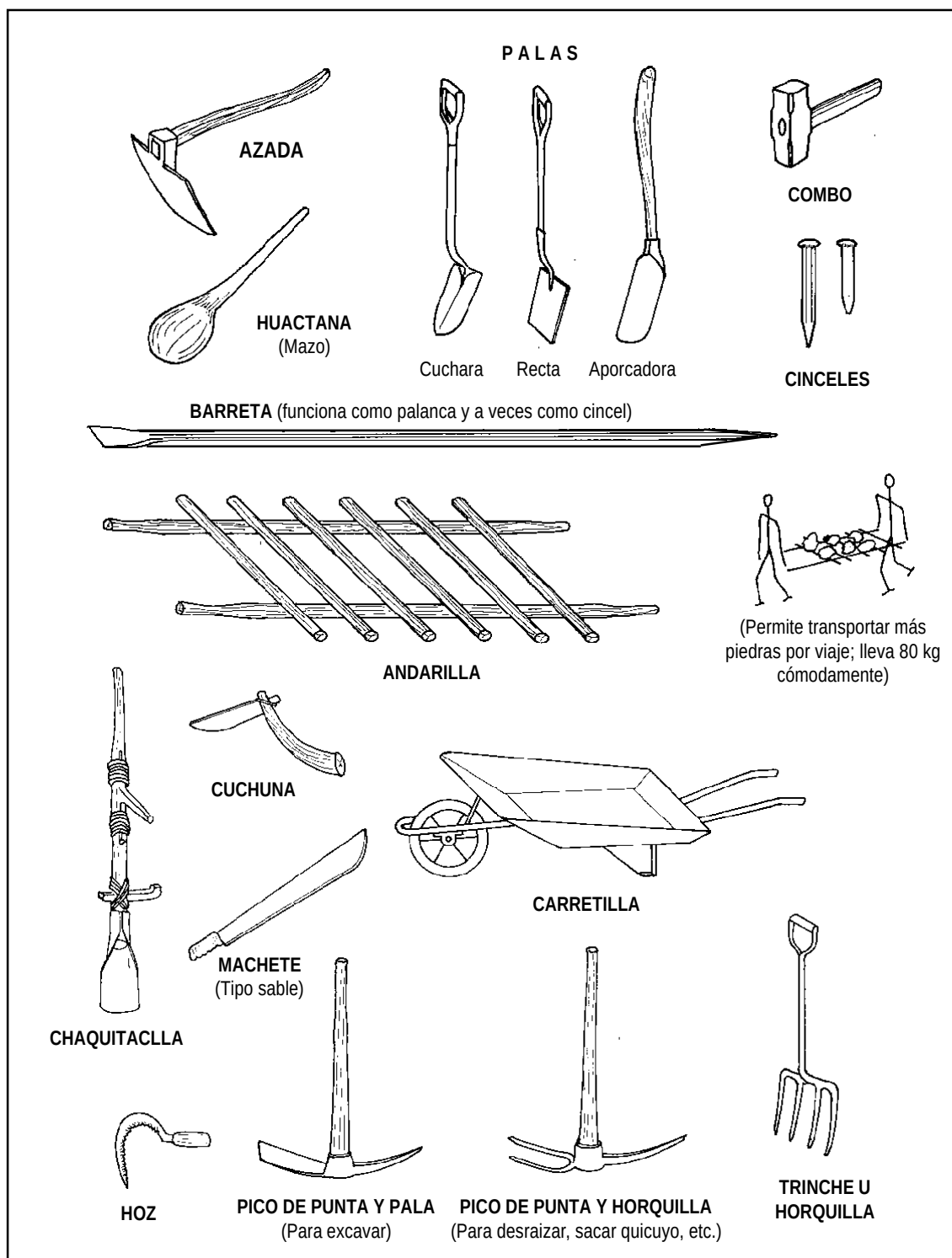


Fig. 5. Herramientas manuales para trabajar andenes

Se adaptaron al andén varias herramientas de tiro animal, como el arado de palo, el arado de reja reversible, la rastra de puntas, y otras, jaladas por yuntas de toros; muy poco se usa el caballo como animal de tiro, pero sí como animal de carga, aunque en esta tarea se prefiere el asno y la mula para transportar las cosechas (figura 6).

En la actualidad se está introduciendo en algunas regiones (Arequipa, Cusco) el uso de la energía mecánica

casi exclusivamente para tareas de labranza. Una de las dificultades es la transitabilidad, casi siempre los caminos son estrechos, muy empinados y rugosos no aptos para la rueda. También son una dificultad los andenes de reducidas dimensiones y los muros altos; el tractor requiere uno y medio de su longitud, para dar vueltas, y su peso y vibración puede hacer caer muros. Los motocultores no son aptos por carecer de frenos, lo cual es un peligro en las cuestas.

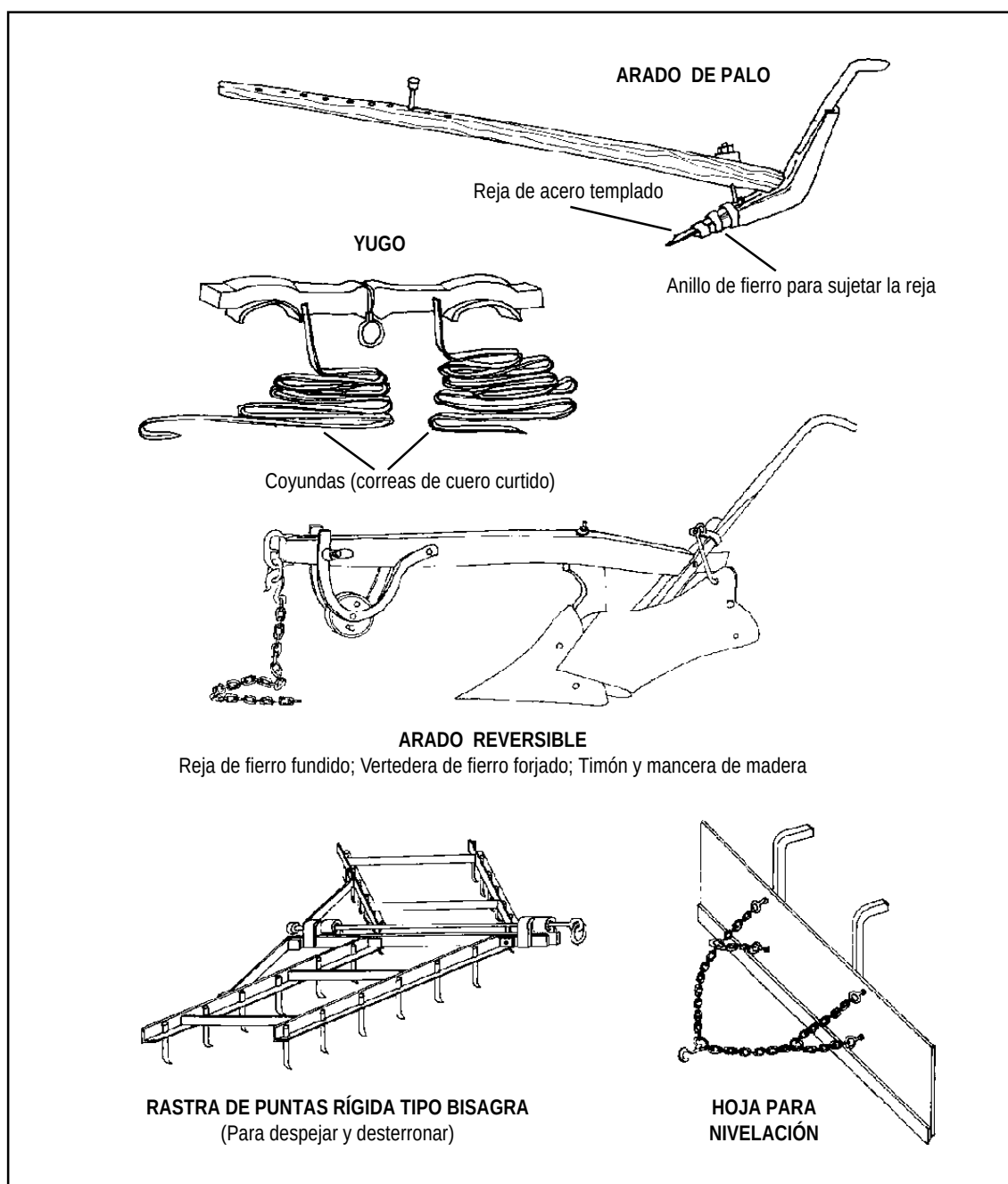


Fig. 6. Algunas herramientas para tiro animal, usadas en agricultura de andenerías

Los andenes permiten ejercer la agricultura en laderas con gran eficiencia del uso del agua y el control de la erosión, gracias a su superficie nivelada a mínima pendiente; y a que antes o durante la siembra se construye una estructura consistente en subacequias partidoras y surcos o melgas, que permiten conducir y distribuir el agua de riego; ésta se aplica haciendo llenar cada melga o cada surco con una lámina de agua de 3 a 7 cm, y se corta o cambia antes de que el exceso cause percolación profunda, o rebosamiento y erosión. Para este fin, la longitud del surco es de 5 a 10 metros.

El surco puede ser recto al momento de la siembra, con el aporque se suele hacer tabiques cada 1,7 m, para represar agua y mejorar la infiltración.

Mantenimiento

Los andenes “son el estado temporal de una naturaleza sometida por el hombre” (Blanc, 1984). Son atacados continuamente por fuerzas que tienden a recuperar el talud original de la ladera; a nivel de parcela, de vertiente y de región. A nivel de parcela, la capa de raíces, que fue creada por su constructor, requiere permanentemente de él para su conservación.

A nivel de vertiente, la caída de un muro amenaza a los dos muros vecinos, al superior y al inferior, y así sucesivamente.

Los excesos de lluvias o las sequías, así como los cambios sociales y económicos, agreden al andén a nivel de región.

Prevención de derrumbes

Los derrumbes violentos son originados por saturación y plastificación del perfil. Es conveniente entonces evitar los excesos de agua, aplicando durante el riego solo el agua necesaria; y, si se presenta una tormenta, impedir que de la acequia ingrese agua de escorrentía al andén, así mismo, abrir el boquerón de evacuación de la culata del andén para que drene superficialmente el agua de lluvia acumulada en la terraza.

Conviene también mantener limpios de vegetación los muros, no permitir que crezcan árboles en él, ni que animalito alguno anide entre las piedras del muro.

Algunas fracciones de muro pierden estabilidad gradualmente; lo cual es denunciado por la convexidad presentada por el muro desestabilizado.

En este caso se debe evitar que ingrese el agua de riego a las grietas del suelo colindante, esperar a que termine el período vegetativo del cultivo que ocupa el andén correspondiente y, concluida la cosecha, realizar la

reparación pertinente. Para ello, debe retirarse la capa cultivable comprometida, a un lado sobre el andén, luego, en otro montón, todo el material correspondiente al prisma que empuja al muro, deshacer el muro y pircarlo nuevamente, si es posible, cambiando las piedras poco aparentes de la pirca por otras de forma regular (paralelepípedo) y más grandes.

Fuerzas que atacan al andén

Los andenes fueron hechos por y para un mundo de dimensiones humanas (Blanc, 1984).

Se construyeron con herramientas manuales y fuerza muscular, para ejercer en ellos una agricultura a mano.

Significan la creación artificial de un ecosistema de explotación racional de los recursos tierra y agua, mediante la aplicación de un complejo paquete tecnológico. El cual tiene un componente material, que son las herramientas y la infraestructura; un componente inmaterial expresado en el conocimiento teórico, la organización, la educación y los educadores; y una dimensión simbólica compuesta por actos religiosos, éticos y cosmológicos, (Lechtman y Van Kessel citados por IIDS, 1982). El deterioro de una parte de este paquete determina la ruptura del sistema.

Como estructuras artificiales, son frágiles, están expuestas permanentemente a las fuerzas naturales que tienden a recuperar el relieve original de la ladera y a condiciones socio-económicas de evolución cada vez más rápida. El mundo que creó el andén fue un mundo de población mayoritariamente campesina cuya economía se basaba en la agricultura. El mundo de hoy es diferente. La población es mayoritariamente urbana y exige alimentos de bajo costo que ya no pueden producirse a mano. La tecnología moderna ha puesto en las manos del agricultor herramientas que multiplican su alcance o energía por 10, por 100 o por más de mil, pero que no caben entre las reducidas dimensiones de los andenes agrícolas heredados.

Las fuerzas naturales que atacan al andén son: Gravedad, sismos, clima, flora, fauna y el hombre. Además están las condiciones técnicas, socio-económicas y políticas.

Gravedad

Actúa a través de los siguientes elementos:

- a) Peso del muro, se relaciona directamente con la estabilidad.
- b) Presión del relleno, contra el respaldo del muro. Semejante a la presión hidrostática, crea un empuje horizontal.

tal en la parte interior del muro. Se supone que la presión aumenta en función de la profundidad, formando un triángulo de presiones. A una profundidad cualquiera, la presión está expresada por la fórmula:

Presión = peso específico x profundidad

$$p = r \cdot z$$

Donde:

p (g/cm²) : presión

r (g/cc) : peso específico

z (cm) : profundidad

El triángulo de presiones da por resultado una fuerza E de empuje horizontal que es igual al área y actúa a $2/3$ de la profundidad.

E (g) : empuje horizontal

$$E = \frac{1}{2} z p$$

$$E = \frac{1}{2} z r z = \frac{1}{2} r z^2$$

- c) La gravedad también actúa en determinada porción de tierra que se apoya en el muro; toma la forma de una cuña (cuña de Rankine) que resbala sobre las superficies de fractura.
- d) La presión del muro sobre la cimentación, en sentido vertical y en sentido horizontal.
- e) Las fuerzas hidrostáticas debidas al agua acumuladas tras el muro.
- f) Las subpresiones, cuando la cimentación es impermeable.

Movimientos sísmicos

Dependiendo de su intensidad, actúan haciendo vibrar y deslizar una sobre otra cada piedra de la pirca; un sismo suave puede determinar la caída de muros desestabilizados, que sin el sismo hubiesen demorado en derrumbarse.

Durante el período lluvioso del año y después de un aguacero, un sismo puede provocar la licuación del perfil de tierra y determinar el derrumbe violento.

Clima

El clima ataca al andén con la sucesión de estiajes, lluvias y heladas, con la repetición de cambios de humedad en el relleno.

El estío, reseca el suelo, provocando disminución del volumen y rajaduras que pueden profundizar más de 10 cm por debajo de la superficie. El suelo superficial se pulveriza, por la acción del viento, del movimiento de las ramas o por las pisadas de animales.

La lluvia, el primer aguacero de la estación cae en suelo seco, disuelve, moja y transporta material fino por todas las fisuras que hizo el estiaje; este lodo funciona como lubricante debajo de la cuña de Rankine, que se describirá luego. Las siguientes lluvias rellenan las rajaduras, el perfil termina de mojarse y se expande por el humedecimiento empujando al muro hacia afuera. La fuerza del empuje depende del tipo de arcilla. Si el primer aguacero es intenso y largo, puede provocar un derrumbe violento.

Las heladas, pueden provocar la congelación del agua infiltrada en la tierra del andén, y el hielo producirá expansiones y empuje, funcionando como cuña y como lubricante junto con el lodo.

De este modo, gradualmente, año tras año se irán desequilibrando las piedras del muro, aparece primero una convexidad creciente, después de un día o varios años, el muro se derrumba. Depende del tamaño y la forma de las piedras con que se pircó el muro, del relleno colocado detrás y del espesor y tipo de tierra que forma el perfil.

Flora

Los árboles que crecen en o sobre el muro, con la base del tronco y con sus raíces en continuo crecimiento separan las piedras y empujan el muro para afuera; al resistir los embates del viento, en direcciones cambiantes, trasladan esfuerzos y movimientos al andén, desequilibrando al muro que lo sostiene. Las gramíneas como *Pennicetum clandestinum* (kikuyo) tienen rizomas y raíces agresivas, con la escasez de agua se adelgazan e introducen entre las fisuras, con el riego engruesan ensanchando su espacio; de ese modo se meten entre las piedras del muro, las separan y desplazan, unas respecto de las otras.

Fauna

Diversos animalitos, especialmente bajo la protección de vegetación herbácea y/o arbustiva pueden construir sus madrigueras en el andén, por ejemplo: cuyes, ratas, ratones y algunas aves como la lechuza; el zorrillo (zorrino o mofeta) escarba galerías en busca de larvas que son su alimento.

La rata construye su madriguera con más de una entrada, una salida de emergencia y uno o varios respiraderos.

Se ha visto que el agua de riego o de lluvia al llenar las terrazas, ingresa por el respiradero a la galería del roedor y sale en chorro por la abertura en el muro, si no se elimina rápidamente el túnel, el daño se agranda hasta el derrumbe.

El hombre

Cuando el grupo organizado que hereda las terrazas agrícolas se deteriora social, tecnológica o económicamente, se deterioran también los andenes.

Como conductor, cuando descuida o abandona sus andenes, los cuales necesitan uso constante para seguir existiendo como ecosistema, la sequedad y la humedad extrema los malogran. Manejarlos bien implica evitar la saturación profunda del suelo, evitar que el agua escurra por encima del muro, prevenir derrumbes, conservar la nivelación, reconstruir pronto los muros caídos y no dejar de cultivarlos. Cuando no adapta al andén tecnologías y herramientas nuevas, y cuando no intenta adaptar sus andenes a nuevas herramientas y técnicas en búsqueda de mayor producto y rentabilidad.

Como grupo social, al olvidar los trabajos comunales y colectivos, durante los cuales, colaborando entre sí, intercambian mano de obra, herramientas y técnicas en labores de mantenimiento o reconstrucción de infraestructuras, en labores agrícolas diversas o en festividades por los santos, los gentiles o las huacas.

Condiciones sociales

El envejecimiento de la población campesina

Desde su origen, los andenes correspondieron a sociedades de alta densidad demográfica; tal densidad ha ido en aumento hasta el límite. Cuando la densidad demográfica supera la capacidad de soporte del suelo, se genera en el campo una "fuerza expulsiva que obliga a la población a emigrar" (Consejo Nacional de Población, 1984). Por eso, las poblaciones de campesinos que ejercen la agricultura de subsistencia están formadas por niños, mujeres y ancianos (Salas y Linares, 1986). La juventud emigra a partir de los 9 años.

Agricultor a tiempo parcial

El campesino que hoy reside en los andenes, ya no es agricultor autosuficiente y a dedicación exclusiva, como lo fueron sus antepasados hasta principios de este siglo.

Ahora tiene más necesidades (educación, transporte, insumos, capacitación, radio, TV, ropa hecha, etc.) y me-

nos superficie cultivable; en tal situación para completar el ingreso familiar desempeña varias actividades, como: 1/3 agricultor, 1/3 artesano y 1/3 comerciante (hormiga) o mano de obra eventual y migratoria (Salas y Linares, 1986).

Condiciones económicas

Rentabilidad y oportunidad de la pirca

Si sobre el andén caído se ejerce la agricultura intensiva y a la vez rentable, posiblemente el agricultor repare oportunamente el muro caído, es decir de inmediato, porque la tardanza puede ocasionar mayor pérdida del suelo por erosión.

Si a veces es difícil encontrar un pircador, es más difícil conseguir un picapedrero, para reemplazar piedras poco adecuadas.

Fragmentación de la propiedad

El campesino de hoy posee escasa extensión de tierras, debido a la excesiva fragmentación y dispersión de la propiedad que la partición de herencias genera. Según la Oficina Sectorial de Estadística (1982) en 1980, las unidades agropecuarias (UA) menores a 1 ha en la costa abarcaban el 37,6% de las UA costeras y en la sierra el 36,2% de las UA serranas.

Poca rentabilidad de una agricultura ejercida a mano

Un agricultor de subsistencia, por no producir excedentes ni tener capacidad de inversión, no puede pensar en cultivar vegetales de alto valor comercial o en cambiar sus herramientas y tecnología como lo haría un agricultor que produce para el mercado.

Condiciones técnicas

Dificultad para asimilar tecnologías y herramientas modernas

A muchas andenerías, como las de Sabandía, Characato, Tiabaya y otras en Arequipa, se han adaptado la yunta de bueyes, el caballo de tiro y algunas herramientas de labranza, cultivo y aporque para tiro animal. No ha ocurrido lo mismo en andenes de reducida superficie, porque el animal de tiro puede necesitar 2,5 a 3 m para dar las vueltas en los extremos del andén.

Si bien en algunos andenes se ha empleado el tractor y sus herramientas de labranza, en la mayoría es difícil por falta de acceso; no existen en las andenerías senderos con el ancho, nivelación y pendiente adecuados al tránsito de la rueda.

Teóricamente, podemos diseñar andenes adecuados al laboreo con maquinaria y tecnología modernas, pero para construirlos se choca con los linderos de miniparcelas de 2 a 4 propietarios diferentes en rededor.

La otra dificultad técnica es la mala respuesta de las variedades híbridas mejoradas que funcionan con fertilizantes químicos y no en suelos orgánicos o pobres. Se ve aquí que el cambio pretendido no tuvo en cuenta el factor ecológico. La agricultura practicada en las comunidades campesinas está muy condicionada por la ecología, la altura, la pendiente, el clima y la escasez de abono orgánico, lo que impone un cuidado de los suelos que es a menudo incompatible con las técnicas existentes (Gonzales y Kervyn, 1987).

La aplicación de la bioagricultura es necesaria pero no podrá hacerse sin capacitación, es mucho más que un manual de operación, se la debe entender como un modo de vivir, como una filosofía orientada a producir alimentos sin deteriorar el medio. Es el equilibrio entre la explotación agrícola y la vida silvestre. No funcionará si es practicada por uno o algunos campesinos, debe ser practicada por todo el valle.

Condiciones políticas

Las fuerzas políticas también agreden al andén propiciando la pequeña propiedad al enfocar el agro con mentalidad campesina semejante a la del Incanato: "Un topo para el matrimonio, un topo más por hijo varón y medio topo por cada hija mujer". Concepto que se ve reflejado en la frase: "Parcela Agrícola Familiar", que se puede leer en los intentos de Reforma Agraria, del Presidente Fernando Belaúnde en la segunda mitad de la década del 60, y en otros documentos referidos a la tenencia de tierras y colonización de irrigaciones.

Políticos y autoridades religiosas creen ver en el Perú un territorio con escasa densidad demográfica, ignorando que el agua utilizable es poca. En contraste con Argentina, donde el 64,5% de su territorio es de uso agropecuario, o México con 46,7%; el Perú solo usa 14,6% de su superficie para esos fines.

De Olarte (1984) señala una tasa de fecundidad nacional de 5,6 hijos por mujer, elevándose en algunos lugares, como Huancavelica, a 8,5; el Consejo Nacional de Población (1984) dice que las mujeres residentes en Lima Metropolitana tienen 3 hijos menos que las residentes en zonas rurales. El fenómeno expuesto desencadenó, desde antes de 1940, migración del campo a la ciudad, la cual llegó en la década pasada, según De Olarte (1984) a valores como 38,2%, siendo más grave en Ayacucho y

Huancavelica, con 71,3% y 70,9%, respectivamente, tal migración es causante de una tasa de crecimiento en 1994 de 0,9% para la población rural y de 2,8% para la población urbana.

Estabilidad de muros

El equilibrio de las estructuras de retención depende de la presión lateral o empuje de las tierras sobre los muros de sostenimiento, de la resistencia de las tierras al desplazamiento lateral, de la capacidad de carga de los suelos y de la estabilidad de los taludes.

Para hacer un cálculo de la estabilidad se necesita determinar la posición de la superficie potencial de deslizamiento y estimar la resistencia a lo largo de esa superficie.

Para calcular la presión de tierras sobre elementos de soporte, Coulomb propuso una metodología basada en su propia ecuación y en la teoría formulada por Mohr, las cuales se resumirán a continuación, así como los estudios de Rankine y Terzagui.

Círculo de Mohr

Cuando se somete una probeta a cargas de tracción o compresión, la fractura o falla se presenta en un plano inclinado a un ángulo α respecto a la superficie donde actúa la carga.

Esta inclinación del plano de falla se debe a que en él actúan esfuerzos cortantes (T) paralelos al plano y esfuerzos de tensión (N) al mismo (figura 7).

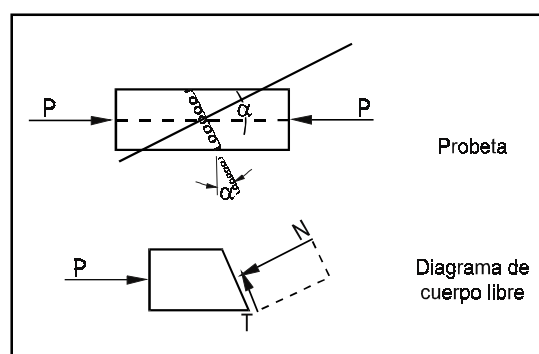


Fig. 7. Probeta sometida a cargas de tensión

Los esfuerzos en una dirección cualquiera dentro de un cuerpo sometido a tensión, se pueden calcular a partir de los diagramas de cuerpo libre de un elemento de espesor unitario, que está sometido a tensión biaxial σ_x y σ_y con $\sigma_x > \sigma_y$; se considera un plano cuya normal n forma un ángulo α con el eje x (figura 8).

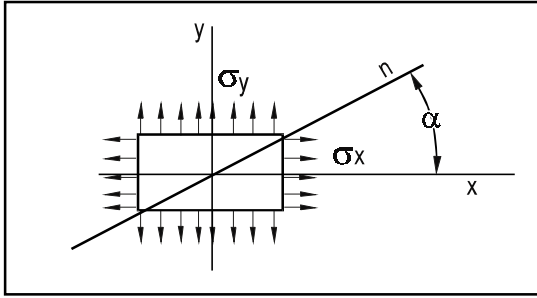


Fig. 8. Elemento de espesor unitario sometido a tensión

Se plantea las ecuaciones de equilibrio para las tensiones actuantes en el plano considerado, aislando previamente un segmento triangular del elemento (figura 9) sometido a las tensiones en cuestión. Proyectando todas las fuerzas sobre el eje n se tiene:

$$\sigma dN = \sigma_x dy \cos \alpha + \sigma_y dx \sin \alpha$$

se observa que: $dy = dN \cos \alpha$

y, $dx = dN \sin \alpha$, son áreas de espesor elemental.

reemplazando:

$$\sigma dN = \sigma_x (dN \cos \alpha) \cos \alpha + \sigma_y (dN \sin \alpha) \sin \alpha$$

operando se obtiene:

$$\sigma = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y) + \frac{1}{2} (\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\alpha \quad (1)$$

Del mismo modo, proyectando todas las fuerzas en dirección perpendicular al eje n, se tiene:

$$t = \sigma_x dy \sin \alpha + \sigma_y dx \cos \alpha$$

Operando:

$$\tau = \frac{1}{2} (\sigma_x - \sigma_y) \sin 2\alpha \quad (2)$$

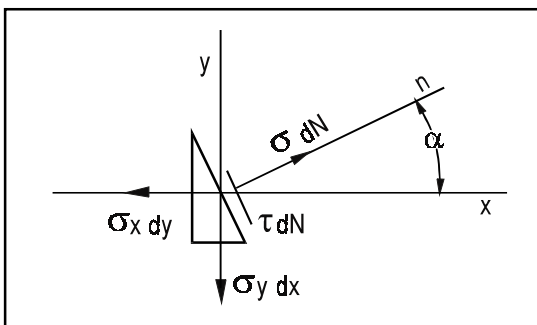


Fig. 9. Segmento triangular (diagrama de cuerpo libre).

Las ecuaciones (1) y (2) definen a una circunferencia situada en el plano $\sigma - \tau$ con el ángulo α como parámetro.

Mediante sustituciones y simplificando, se obtiene:

$$(\sigma - \sigma_c)^2 + \tau^2 = \tau_{mx}^2$$

que es la forma ordinaria de la ecuación de una circunferencia:

$$(x - h)^2 + y^2 = R^2 \text{ de radio}$$

$\tau_{mx} = \frac{1}{2} (\sigma_x - \sigma_y)$ y cuyo centro está situado en el eje σ

en $\sigma_c = \frac{1}{2} (\sigma_x + \sigma_y)$ la cual está graficada en la figura 10.

Medio gráfico muy útil para resolver las ecuaciones (1) y (2).

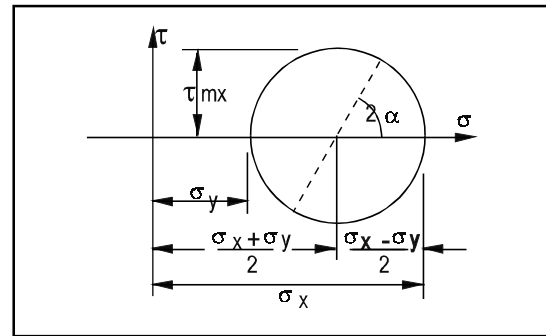


Fig. 10. Círculo de Mohr para esfuerzos biaxiales.

Este es el Círculo de Mohr para esfuerzos biaxiales que es muy útil como medio gráfico para resolver las ecuaciones (1) y (2), Timoshenko y Young (1966).

Con la siguiente denominación:

σ_x : Esfuerzo principal mayor

σ_y : Esfuerzo principal menor

$\tau_{mx} = \frac{1}{2} (\sigma_x - \sigma_y)$: Esfuerzo cortante máximo.

τ_{mx} = Radio del círculo.

Envolvente de Fallas o envolvente de Mohr

Supóngase que se deposita sobre el suelo una placa con garras (figura 11), sobre el cual se aplica una carga N y una fuerza de tracción creciente T que hará desplazar al patín cuando se provoque la falla (figura 12).

A: Área de aplicación de la placa con garras.

N: Fuerza normal a la placa que ejerce presión sobre el suelo a través de la placa

τ : Fuerza paralela al suelo y a la placa, que trata de hacer desplazar a la misma.

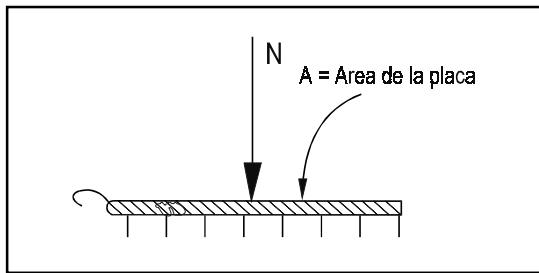


Fig. 11. Placa con garras.

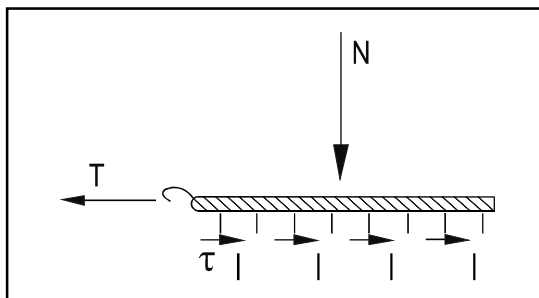


Fig. 12. Placa en el instante de falla.

En este sistema, definimos:

Presión o esfuerzo normal:

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

Esfuerzo tangencial o cortante:

$$\tau = \frac{T}{A}$$

Coefficiente de rozamiento estático:

$$\mu = \frac{T}{N}$$

En el triángulo de la figura 13, hacemos:

$$\mu = Tn \phi$$

ϕ : Es el ángulo de fricción interna del suelo o ángulo de resistencia al corte

$$Tn \phi = \mu = \frac{T}{N}$$

Despejando: $T = N \mu$

Dividiendo entre A se tiene :

$$\frac{T}{A} = \frac{N}{A} \mu$$

Reemplazando por sus equivalentes:

$$\tau = \sigma \mu$$

$$\tau = \sigma Tn \phi \dots \dots \dots (3)$$

Es decir los factores que provocan la falla o fractura en el suelo.

La fórmula (3) es una línea que pasa por el origen de coordenadas, corresponde a suelos puramente friccionantes como arena limpia (suelos granulares) en los cuales no existe cohesión. Tal ecuación puede expresarse también como:

$$\tau = C + \sigma Tn \phi \dots \dots \dots (4)$$

Donde C es la cohesión, se aplica a suelos cohesivos, y friccionantes o intermedios.

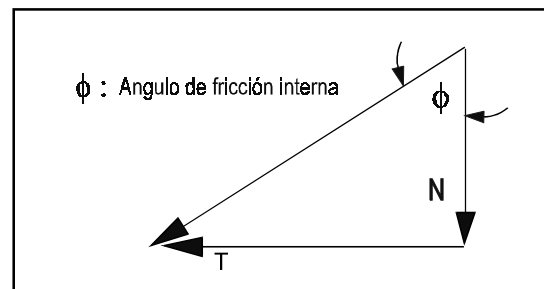


Fig. 13. Triángulo de fuerzas aplicadas sobre la placa.

La ecuación (4) se llama "envolvente de Mohr" o línea de falla, representa el lugar geométrico de los esfuerzos cortantes de falla correspondientes a distintos esfuerzos normales.

Finalmente, si $\phi = 0$, la ecuación se reduce a

$$\tau = C \dots \dots \dots (5)$$

Que corresponde a suelos puramente cohesivos; la expresión representa la resistencia de las arcillas consolidadas normalmente y de otros suelos arcillosos saturados, cuando prevalece la condición no drenada.

La envolvente de Mohr que resulta de seis pruebas triaxiales es una curva. Sucede en suelos granulares,

en pruebas con una amplia gama de presiones de confinamiento. Sin embargo, para la mayoría de los cálculos referentes a la estabilidad de una masa de suelo es necesario utilizar una envolvente que sea una recta. (Lambe & Whitman, 1994).

El significado físico de la envolvente de Mohr se puede entender por las siguientes consideraciones:

- 1 Si el círculo de Mohr, para un determinado estado de esfuerzos, queda por debajo de la envolvente, el suelo será estable para ese estado de esfuerzos.
- 2 Si el círculo de Mohr es tangente a la envolvente, se habrá alcanzado la resistencia máxima en un plano que forma un ángulo α con el plano sobre el que actúa el esfuerzo principal mayor (figuras 14 y 15).
- 3 Cualquier intento de imponer en un suelo un estado de esfuerzos cuyo círculo de Mohr corte la envolvente, dará lugar a deformaciones ilimitadas, es decir a la falla. (Lambe & Whitman, 1994).

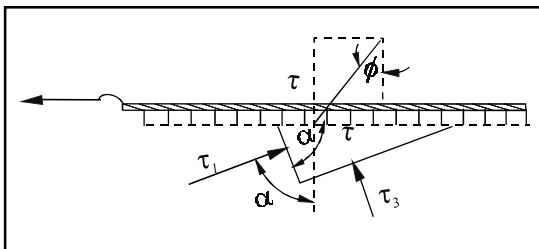


Fig. 14. Estado de esfuerzos.

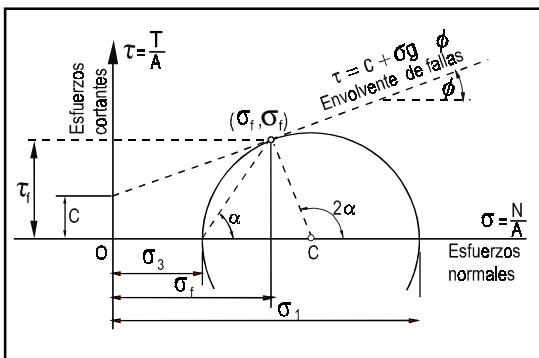


Fig. 15. Círculo de Mohr y envolvente en fallas.

$$2\alpha = 90 + \phi$$

α : Ángulo entre esfuerzo principal mayor y normal al plano de falla.

α : Ángulo entre esfuerzo normal al esfuerzo principal mayor y plano de falla.

σ_1 : Esfuerzo principal mayor

σ_3 : Esfuerzo principal menor

σ_f : Esfuerzo normal de falla (tensión)

τ_f : Esfuerzo tangencial de falla (cortante)

Equilibrio plástico en suelos

Para analizar la estabilidad de los muros de sostenimiento es necesario evaluar la presión lateral o empuje de las tierras sobre los muros, determinar la posición de la potencial superficie de deslizamiento y estimar la resistencia a lo largo de esa superficie.

La resistencia unitaria (τ) al deslizamiento en suelos no cohesivos definida por la expresión:

$$\tau = \sigma \tan \phi \dots\dots\dots (3)$$

Depende no solo del tipo de suelo sino también de la presión intergranular o presión normal efectiva ($S - U_n$) en la superficie de deslizamiento, y de otros factores, por tanto, se puede lograr razonable aproximación mediante la siguiente expresión:

$$\tau = (\sigma - U_n) \tan \phi \dots\dots\dots (6)$$

Para arenas no cohesivas; donde:

U_n : presión neutral en el agua que depende de las condiciones de la carga y de la velocidad de aplicación.

Para evaluar la resistencia de las arcillas preconsolidadas y la de los suelos arcillosos no saturados (cohesivos), se puede utilizar la siguiente expresión:

$$\tau = C + (\sigma - U_n) \tan \phi \dots\dots\dots (7)$$

La cohesión de las arcillas no es constante, sino en función del contenido de agua $C = f(\omega)$, por tanto, para arcillas preconsolidadas y suelos arcillosos no saturados, la resistencia al corte es:

$$\tau = f(\omega) + (\sigma - U_n) \tan \phi \dots\dots\dots (8)$$

Finalmente para arcillas y suelos arcillosos saturados y sin drenaje ($\phi = 0$), en suelos puramente cohesivos:

$$\tau = f(\omega) = C = \frac{1}{2} q \dots\dots\dots (9)$$

Donde: q = resistencia a la compresión simple

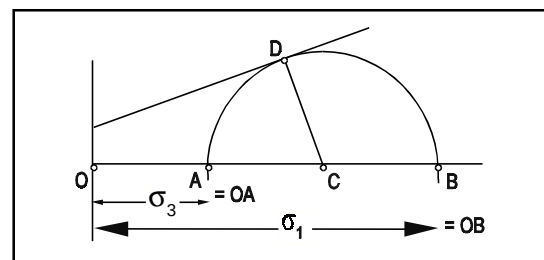


Fig. 16. Relación de esfuerzos principales.

Relaciones entre los esfuerzos principales

La condición de rotura expresada en la ecuación

$$\tau = C + \sigma \tan \phi$$

Y que corresponde con el diagrama de Mohr, en donde el círculo es tangente en el punto D a una línea de falla recta (figura 16).

En el instante de la rotura existe una relación definida entre la tensión principal mayor (σ_1) y la tensión principal menor (σ_3), definida como:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \frac{\overline{OB}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{OC} + \overline{CB}}{\overline{OC} - \overline{CA}}$$

Mediante un proceso geométrico se demuestra que:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \dots \dots \dots (10)$$

Operando trigonómicamente se obtiene:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = N_\phi \dots \dots \dots (11)$$

N_ϕ es conocido como valor de fluencia. También puede escribirse como:

$$\frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \frac{1}{N_\phi} \dots \dots \dots (12)$$

Por un proceso semejante, puede demostrarse que:

$$\sigma_1 = \sigma_3 N_\phi + 2C\sqrt{N_\phi} \dots \dots \dots (13)$$

Estas ecuaciones juegan un papel importante en muchas aplicaciones de Mecánica de Suelos, algunas de las cuales se verán seguidamente (Juares y Rico, 1989).

Estado de equilibrio plástico en suelos friccionantes

Una masa de suelo está en estado de equilibrio plástico si cada punto de la misma se encuentra al borde de la rotura (Terzaghi y Peack, 1978).

Ese estado depende de que la presión horizontal adquiera uno de los siguientes valores, el correspondiente a la Presión activa (P_a) o el de la Presión pasiva (P_p).

Sea un prisma elemental de suelo de altura dz situado a una profundidad z dentro de una masa de suelo en reposo, es decir suelo a partir de un estado natural o suelo depositado artificialmente por el hombre, en el que no se permite ningún desplazamiento.

En esas condiciones (figura 17), sobre el prisma actúan:

Presión vertical: $P_v = r z$ con:

r : Peso específico del suelo.

z : Profundidad a la que se encuentra el elemento de suelo.

Presión horizontal: $P_h = K r z$

$$\text{Donde } K = \frac{P_h}{P_v} \dots \dots \dots (14)$$

Es una constante empírica y se llama coeficiente de presión lateral de tierras en reposo, que para suelos granulares sin finos oscila entre 0,4 y 0,8.

- $K = 0,4$ para arenas sueltas
- $= 0,5$ para arenas en estado natural
- $= 0,8$ para arenas intensamente apisonadas.

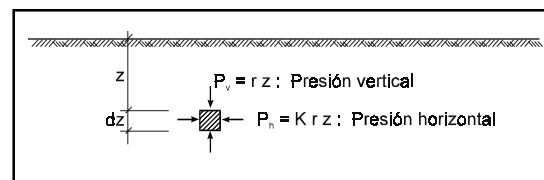


Fig. 17. Esfuerzos actuantes sobre un elemento de suelo en reposo.

Mientras la presión vertical P_v sobre el prisma en estudio no sufre cambio alguno, la presión horizontal $P_h = K P_v$ disminuye, si la masa se expande, y aumenta, si la masa se contrae.

Cuando la masa se expande, el valor de K disminuye hasta K_a llamado coeficiente de presión activa de tierras o de empuje activo. Cuando la masa se contrae, por efecto de una compresión horizontal, K aumenta hasta K_p o coeficiente de presión pasiva de tierras y corresponde al estado pasivo de Rankine.

Los círculos de Mohr (figura 18) representan tres estados de suelo con sus correspondientes combinaciones de esfuerzos. El círculo al cual pertenecen los puntos $P_h = K_0 r z$ y $P_v = r z$ representa un suelo en equilibrio elástico porque no toca a la envolvente. El círculo al que pertenecen los puntos P_a y P_v , está en condición de falla por ser tangente a la envolvente.

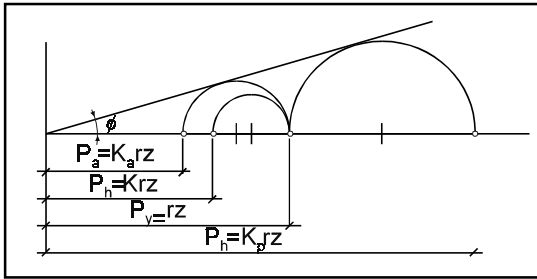


Fig. 18. Estados plásticos en el diagrama de Mohr para suelos friccionantes.

K : Coeficiente de presión lateral

K_a : Coeficiente de presión activa de tierras

K_p : Coeficiente de presión pasiva de tierras

El mismo fenómeno se registra en la figura 19-a, la cual representa un elemento de suelo que partiendo de la condición de equilibrio ya descrito, por efecto de expansión la presión horizontal disminuye hasta P_a la condición de falla.

Presión vertical:

$P_v = r z$: es el esfuerzo principal mayor $\rightarrow \sigma_1$

Presión horizontal:

$P_a = K_a r z$: es el esfuerzo principal menor $\rightarrow \sigma_3$

Dividiendo miembro a miembro tenemos:

$$\frac{P_v}{P_a} = \frac{r z}{K_a r z}$$

Despejando:

$$K_a = \frac{P_a}{P_v} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1}$$

Lo cual según ecuación 12 es igual a:

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (15)$$

K_a es el coeficiente de presión activa de tierras (masa de suelo en expansión).

El círculo al que pertenecen los puntos P_v y P_p de la figura 18 también representa a un suelo en condición de falla a donde se lo ha llevado por compresión hasta el estado pasivo de Rankine, situación graficada en la figura 19-b donde:

Presión vertical:

$P_v = r z$: esfuerzo principal menor: σ_3

Presión horizontal:

$P_p = K_p r z$: esfuerzo principal mayor: σ_1

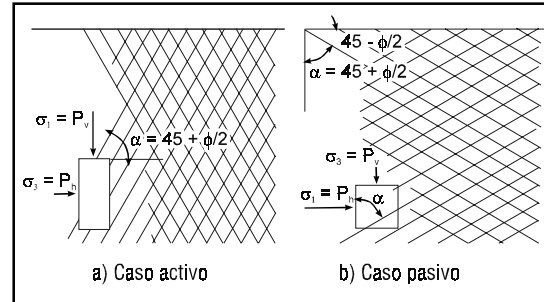


Fig. 19. Líneas de fluencia en los estados de equilibrio plástico

Operando adecuadamente y despejando según ecuaciones 12 y 14 se tiene:

$$K_p = \frac{P_p}{P_v} = \frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \tan^2 \phi$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (16)$$

K_p es el coeficiente de presión pasiva de tierras (volumen de la tierra en compresión) (Juares y Rico, 1989).

El ángulo comprendido entre el plano sobre el que actúa el esfuerzo principal mayor y el plano de falla, es en todo caso:

$$\alpha = 45 + \frac{\phi}{2}$$

Pero, como se aprecia en la figura 19, el esfuerzo principal mayor (σ_1) es vertical en el caso activo y horizontal en el caso pasivo. Eso determina que el ángulo comprendido entre la vertical y las líneas de fluencia sea el mismo que define el valor de los coeficientes de presión activa y pasiva descritos.

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad \text{y} \quad K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

“Los estados activos y pasivos de Rankine constituyen los dos estados de límites del equilibrio de las arenas. Todo estado intermedio, incluido el estado de reposo, se denomina estado de equilibrio elástico” (Terzaghi y Peack, 1978). Los estados de Rankine se producen cuando todo el material de una masa semi infinita de arena se comprime o expande uniformemente y se denominan estados generales de equilibrio plástico.

Empuje de tierras

Empuje de tierras en suelos friccionantes

Para el caso de un muro de respaldo vertical y relleno horizontal, se asume que las presiones se distribuyen en forma creciente, en función de la profundidad haciendo un triángulo, cuya resultante, el empuje E, es un vector que se aplica a un tercio de la altura medida desde la base (figura 20).

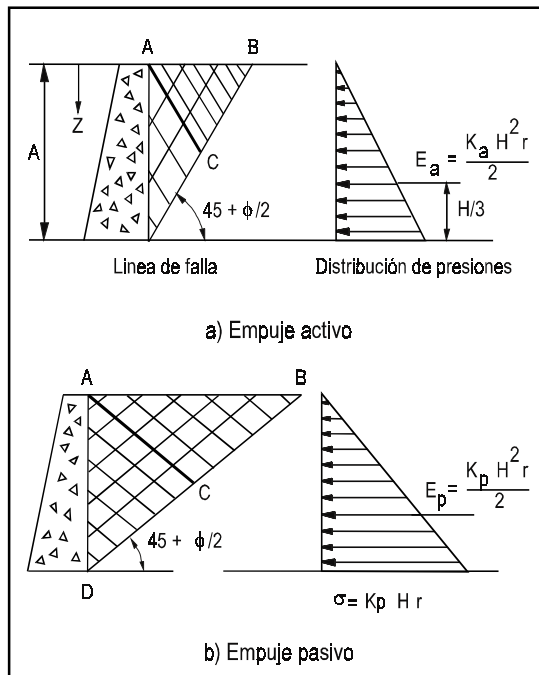


Fig. 20. Empuje de tierras en el caso sencillo de Rankine

- Para el caso activo:

$$E_a = \frac{1}{2} K_a r H^2 \dots\dots\dots (17)$$

- Para el caso pasivo:

$$E_p = \frac{1}{2} K_p r H^2 \dots\dots\dots (18)$$

Donde H es la altura del muro de contención y r es el peso específico del suelo.

Como $K_a < K_p$, entonces $E_a < E_p$

El triángulo de suelo definido por los puntos A-B-C en la figura 20 funciona como una cuña, “**Cuña de Rankine**”, cuyo peso es una fuerza vertical que la hace resbalar sobre los planos de falla A-C y B-C, sumándose al empuje horizontal.

Empuje de tierras en suelos puramente cohesivos

La cohesión de las arcillas no es una propiedad intrínseca, sino circunstancial, expuesta a cambios con el tiempo, sea por consolidación o por expansión, si absorbe agua.

Por un proceso semejante al descrito para suelos friccionantes, e integrando en la altura H del muro las respectivas presiones horizontales, se obtiene, para suelos cohesivos:

$$E_a = \frac{1}{2} r H^2 - 2 C H$$

$$E_p = \frac{1}{2} r H^2 + 2 C H$$

Si se elimina el muro de contención, $E_a = 0$, despejando queda,

$$H = \frac{4C}{r}$$

denominado altura crítica del material cohesivo, H es la altura teórica a la cual el suelo cohesivo puede mantenerse sin soporte y sin derrumbe.

Cuando el relleno cohesivo aumenta su contenido de agua y por consiguiente, pierde cohesión, la presión sobre el muro aumenta fuertemente sin signo exterior que lo acuse. La falla se presenta en forma abrupta y sin avisos (Juares y Rico, 1989).

Empuje de tierras en suelos con cohesión y fricción

Para estos suelos, la envolvente de falla aplicable a suelos cohesivos, secos o húmedos, no saturados es,

$$t = C + \sigma \operatorname{tg} \phi \dots\dots\dots (4)$$

La cual se basa en esfuerzos totales de corte τ y de tensión σ obtenidos en pruebas tipo triaxial, ya que en la práctica es casi imposible evaluar las presiones de poro de las cuales depende la cohesión.

En tales suelos las tensiones principales extremas tienen la siguiente relación:

$$\sigma_1 = \sigma_3 N_\phi + 2 C \sqrt{N_\phi} \dots\dots\dots (13)$$

Donde: σ_1 = tensión principal mayor

σ_3 = tensión principal menor

$$N_\phi = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \text{ valor de fluencia}$$

Se ha demostrado que, sea cual fuese el valor de C, las superficies de deslizamiento siempre intersectan la dirección de la tensión principal menor, con un ángulo de:

$$(45 + \frac{\phi}{2})$$

Por un proceso semejante al descrito en el caso de suelos puramente friccionantes, se obtiene por integración en la altura:

$$Ea = \frac{1}{2} \frac{r H^2}{N\phi} - \frac{2c}{\sqrt{N\phi}} H$$

$$Ep = \frac{1}{2} N\phi r H^2 + 2c\sqrt{N\phi} H$$

La altura crítica a la cual puede mantenerse sin soporte el suelo en corte vertical, se calcula haciendo $Ea = 0$ y despejando:

$$H = \frac{4C}{r} \sqrt{N\phi}$$

Todo lo expuesto hasta aquí es considerando un muro de respaldo vertical liso y con relleno horizontal. Como no se desarrollan esfuerzos cortantes entre relleno y muro, las líneas de fluencia resultan ser dos familias de rectas inclinadas $45 \pm \phi/2$ respecto de la horizontal.

Si el respaldo del muro es rugoso se desarrollarán en esa superficie esfuerzos cortantes que modifican la forma de la red de líneas de fluencia. Tanto los estudios teóricos como los experimentales indican para el caso de un terraplén de arena limpia sostenido por un muro rugoso, cuando el muro se aleja del terraplén la superficie de deslizamiento BCD consta de una porción inferior curva, seguida de una línea recta.

Derrumbes

La caída de un muro obedece al empuje activo o pasivo de la tierra que conforma el banco. Se ha observado que los derrumbes en el estío son lentos, se desequilibra el muro gradualmente y la caída se produce después de varios meses, mientras que los ocurridos en el período lluvioso son violentos.

En un andén abandonado o uno sometido a riegos muy distanciados, la capa superficial de tierra pierde humedad, así como la capa vertical contigua al muro; reservando humedad las capas internas. Al contraerse la capa deshidratada, aparecen fisuras o "grietas de tensión" (Lambe y Whitman, 1994) en las que seguidamente ocurre desintegración y pulverización, lo que genera la aparición del empuje activo.

Derrumbe por empuje activo de un suelo friccionante

Ocurre en situación de aridez, después de que el muro ha sido empujado por sucesivas expansiones, hasta desestabilizarlo y lograr que la gravedad obligue al muro a continuar girando en torno a su apoyo inferior, se aparta del banco originándose la condición de deformación para el estado activo. Resbala la cuña de Rankine definida por el triángulo ABC (figura 21) sobre las superficies de deslizamiento, que hacen con la horizontal un ángulo de $45^\circ + \phi/2$. La superficie de falla empieza junto al muro, en el punto D, consta de una porción inferior curva como efecto de la fricción que genera la rugosidad del muro contra el cual resbala el prisma de suelo que cae.

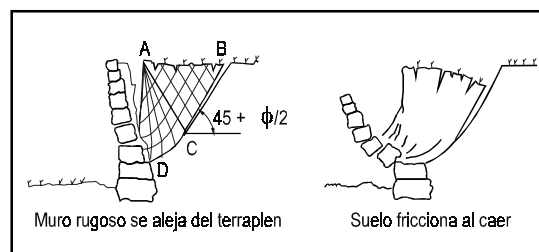


Fig. 21. Derrumbe en condición activa. Suelo no cohesivo.

Derrumbe en condición parcial de deformación para el estado activo

La figura 22 describe la ruptura gradual de un muro invadido por gramíneas que sostiene un perfil no cohesivo profundo. Las gramíneas colaboran en la desestabilización, acrecentando los cambios de volumen del perfil de tierra que produce la sucesión estiaje-lluvias, al absorber y exudar agua en tallos rizomas y raíces.

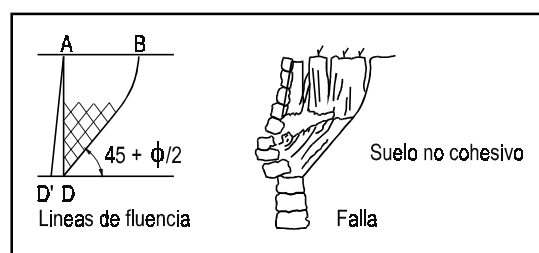


Fig. 22. Derrumbe en condición parcial para el estado activo.

La capa arable no genera un empuje significativo por su menor densidad y mayor contenido de materia orgánica, mientras que el subsuelo sí empuja lateralmente con fuerza hasta originar la separación de esa parte del muro y un virtual giro de este en torno a la arista superior, punto A. Separado el muro, la desintegración y caída del relleno le sucede gradualmente (foto 2).



Foto 2. Mitad izquierda: muro en derrumbe progresivo, empujado por suelo no cohesivo en condición de deformación parcial para el estado activo de Rankine. Las gramíneas acrecientan el desequilibrio de las piedras. Mitad derecha: muro reconstruido.

La falla por corte en el perfil que se origina en la pared a un ángulo con la horizontal igual a $45^\circ + \phi/2$ para curvarse luego hacia arriba de la cuña de deslizamiento, permanece en estado de equilibrio elástico, hasta que toda la zona inferior haya pasado al estado de equilibrio plástico, es decir, la falla.

Derrumbe de suelo no cohesivo que apoya parte de su peso en el muro

El estío reseca, agrieta y desintegra el relleno arenoso de un andén haciendo que parte de su peso se apoye en el muro. Luego, una lluvia ligera aporta agua (peso) que se filtra por las fisuras, provocando dilatación (presión) en el interior del perfil. Según Lambe y Whitman (1984) se alcanza la mitad de la resistencia pasiva máxima con una compresión (deformación) horizontal de 0,5%, y con 2%, el total. En la situación descrita pueden satisfacerse parcialmente las condiciones de falla para el estado pasivo de Rankine (figura 23).



Fig. 23. Derrumbe de suelo no cohesivo apoyado en el muro. Condición parcial pasiva.

La superficie de deslizamiento se inicia en el muro formando un ángulo de $45^\circ - \phi/2$ con la horizontal, para curvarse luego hacia arriba e intersectar la superficie

de la terraza en ángulo recto. El proceso de ruptura empieza en la parte inferior, para comunicarse después a la parte superior. El fenómeno descrito ha sido observado por el autor varias veces en muros derrumbados; pero, si se pretendiera hacer cálculos para predecir caídas y/o reforzar muros para evitarlas, habría que tener en cuenta lo afirmado por Lambe y Whitman (1984). La única justificación real para el empleo de las ecuaciones 15 a 18 radica en la concordancia entre los resultados de estas ecuaciones y las comprobaciones reales con valores medidos en laboratorio y experimentales.

Derrumbe del muro de contención de un andén con suelo cohesivo

Un deslizamiento puede ser originado por la desintegración gradual de la estructura de suelo, que iniciándose en fisuras capilares termina fragmentando la masa de suelo (Terzaghi y Peack, 1978).

En otros casos ocurre por aumento de la presión de agua o por choques que licuan el suelo.

La resistencia al corte de un suelo cohesivo se expresa mediante la expresión:

$$\tau = C + \sigma \tan \phi$$

La rotura en material cohesivo va comúnmente precedida de grietas de tracción, a las que tarde o temprano le sigue un deslizamiento a lo largo de una superficie curva, casi circular (figura 24 y fotos 3 y 4). La masa comprometida gira en torno a un centro de rotación. La falla es determinada por una lluvia prolongada o un riego pesado que satura el perfil, ocurriendo el derrumbe sin aparente aviso, comprometiendo sectores relativamente grandes en terreno y muro.

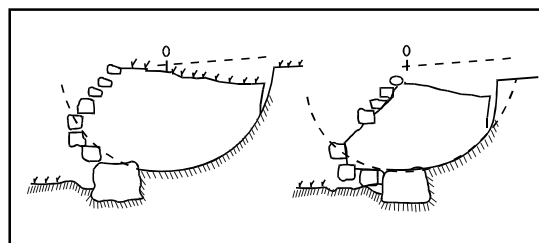
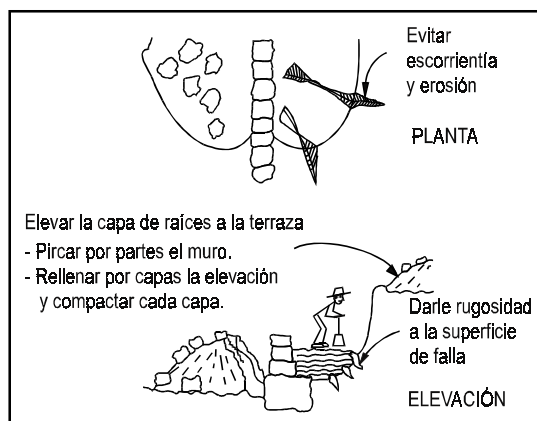


Fig. 24. Falla por deslizamiento en suelo cohesivo.





Tener mucho cuidado al aplicar el primer y segundo riego, que no haya filtraciones, ni asentamientos bruscos, ni que permanezca mucha agua detenida en esa zona. Mantener la zona reconstruida en observación durante más de un mes y el agua de riego 60 cm lejos del muro.

Para mejorar la estabilidad del andén (muro y relleno) que quiera reconstruirse, pueden servir las siguientes recomendaciones:

- Darle rugosidad a la superficie de falla, para aumentar la resistencia al esfuerzo cortante, colocando grava o clavando piedras sobre la superficie de falla.
- Mejorar el drenaje superficial y subterráneo, este último, depositando una capa de grava o piedras a una inclinación de 30° dirigida hacia el muro, para que sirva de dren.
- Darle mayor solidez al muro, reedificándolo con piedras talladas y más grandes, para hacerlo más grueso y/o reforzarlo haciendo una segunda pared en el trasdos, hasta 10 ó 15 cm. antes de la capa arable. Seleccionar y acomodar toda la piedra no empleada en la pirca para arrimarla al muro (figura 26).



Foto 5. Reconstrucción de un muro que falló en condición cohesiva, por la base, durante una lluvia.

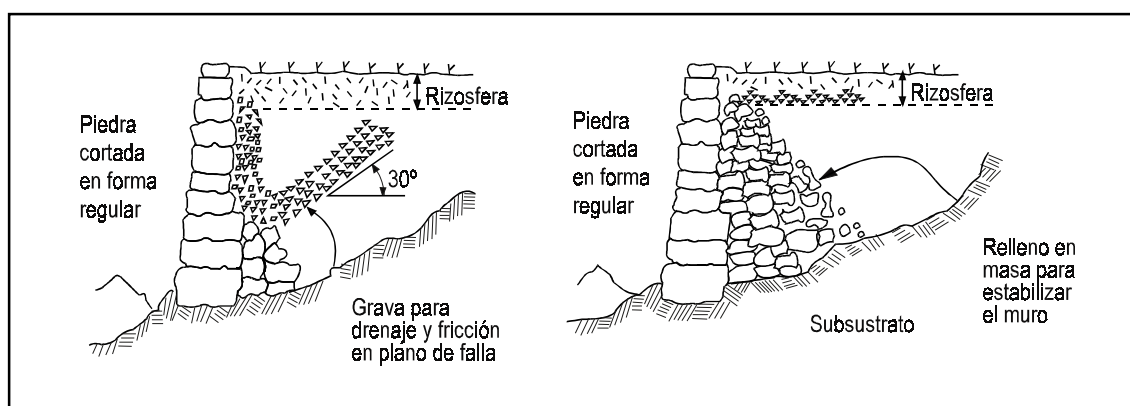


Fig. 26. Cómo mejorar la estabilidad del muro

Agradecimientos:

A la Srta. Gládyz Paredes por la digitación y al Sr. David Aysemoa, por los dibujos de este artículo.

Software para calcular los elementos de diseño de terrazas de absorción y de formación lenta

(Software for design elements calculation of slow formation and absorption terraces)

RESUMEN

El software TyZ (versión 1.0) permite calcular los elementos de diseño de terrazas de absorción y de formación lenta y presenta una interfaz gráfica con ayuda en pantalla. En la ayuda en pantalla, se describen las prácticas de conservación de suelos (terrazas de absorción y de formación lenta), y se proporciona información respecto a sus funciones, condiciones para su aplicación, ventajas y desventajas y, además, se explican los métodos para calcular los elementos de diseño. El software tiene la opción para imprimir, en un reporte sencillo o en un gráfico a escala, los cálculos efectuados presentados en pantalla. El usuario podrá hacer uso de esta información para definir los elementos de diseño, considerando los factores que intervienen en el proceso erosivo, los fundamentos teóricos de cada método, las recomendaciones técnicas para la aplicación de cada práctica y los aspectos sociales y económicos.

ABSTRACT

The TyZ (version 1.0) software allows the calculation of slow formation and absorption terraces design elements. This software also presents a graphic interface with screen help, which describes the practice of soil conservation (absorption and slow formation terraces); and provides information regarding functions, conditions for application, advantages and disadvantages; and explains methods for design elements calculation. The software can print out the results either as a simple report or as a scaled graphic. The terrace users can use the information to define the design elements considering the factors that intervene in the erosive process, the theoretical foundation of each method, and the technical advice for the application of each case within prevailing social and economic conditions.

¹ Departamento de Matemáticas, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), monig@lamolina.edu.pe

² Departamento de Recursos de Agua y Tierra (DRAT), Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina, santayana@lamolina.edu.pe

Introducción

El software Terrazas y Zanjas (TyZ) fue desarrollado como trabajo de tesis (Gutiérrez, 1999) para facilitar el cálculo de los elementos de diseño para terrazas de absorción, de formación lenta y zanjas de infiltración, por ser estas prácticas de conservación de suelos las más difundidas y utilizadas en la Región Altoandina.

Para el desarrollo del programa se coordinó con el Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS).

Revisión de literatura

Terrazas de absorción

Las terrazas de absorción son un tipo de terrazas de banco caracterizadas por presentar sus plataformas con una ligera inclinación hacia adentro (contrapendiente), de tal modo que no se produzcan desbordes de agua fuera de la plataforma. De esta manera, el agua de lluvia que cae sobre dichas plataformas se infiltra (PRONAMACHCS, 1997).

Sus características geométricas o elementos de diseño principales se indican en la figura 1.

Los métodos para calcular los elementos de diseño consideran el volumen de corte igual al volumen de relleno, coincidiendo el punto de simetría con la superficie original del terreno (Sheng, 1981; FAO, 1990 y Ho 1991).

Terrazas de formación lenta

Las terrazas de formación lenta son las que se forman progresivamente por efecto del arrastre y acumulación de sedimentos en franjas de terreno, situadas en sentido transversal a la pendiente máxima del terreno y separadas entre sí por muretes o pircas de piedra o por bordos de tierra (diques).

Los diques pueden ser de piedra o de tierra. El distanciamiento de los diques es calculado considerando el punto de simetría coincidente con la superficie original del terreno y su distanciamiento va a depender de la pendiente del terreno y de la altura de los diques. Un esquema de esta práctica se muestra en la figura 2.

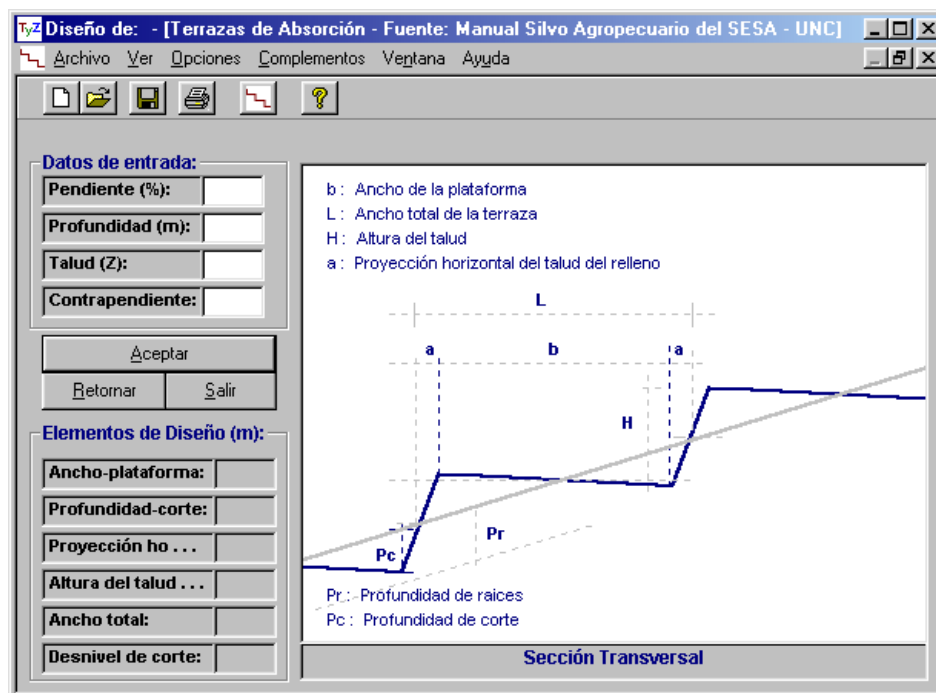


Fig. 1. Pantalla para terrazas de absorción. Método propuesto por Ho (1991).

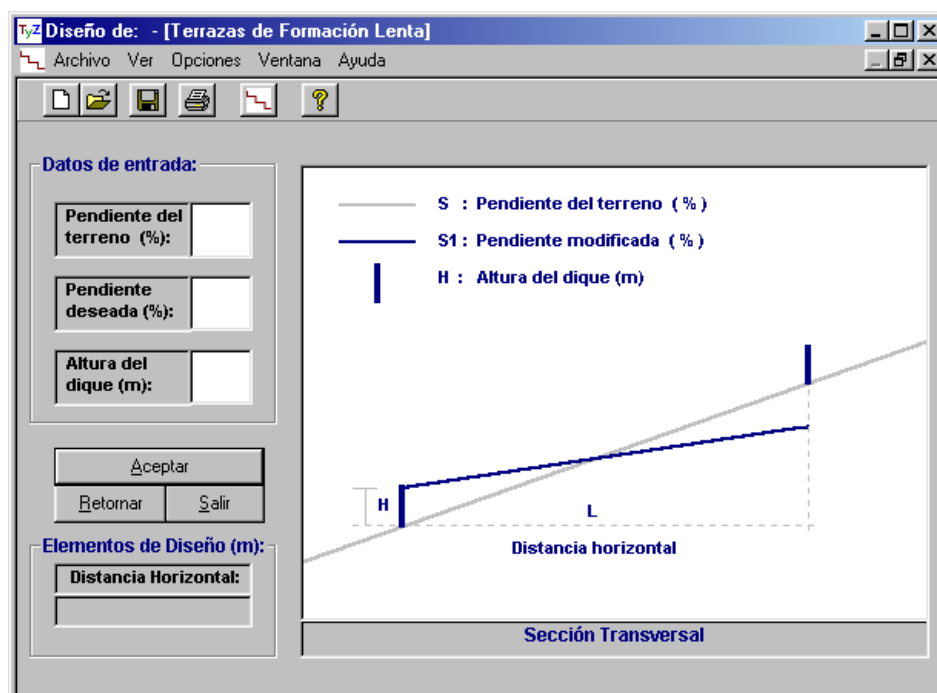


Fig. 2. Pantalla para terrazas de formación lenta.

Resultados y discusión

El software fue desarrollado utilizando Microsoft Visual Basic 5.0, para Windows 95 o una versión posterior.

En el presente artículo se describen las opciones del programa referidas a terrazas de absorción y de formación lenta.

Las figuras 1 y 3 corresponden a las pantallas de la opción de terrazas de absorción, para los métodos propuestos por Ho (1991) y FAO (1990) respectivamente; en ambas pantallas se observa el área de datos de entrada con cajas en blanco para el ingreso de datos, y el área de elementos de diseño en la cual se muestran los cálculos efectuados por el programa. A la derecha se grafica la sección transversal de la terraza.

La figura 3 corresponde a la opción de terrazas de formación lenta. Para esta práctica el programa calcula la distancia horizontal entre diques considerando la pendiente original del terreno, la pendiente final que se desea formar y la altura del dique.

Cada una de las pantallas presenta en la barra de menús las opciones que permiten crear, abrir, guardar, actualizar y dar nombre a un proyecto, imprimir un reporte con los datos de entrada y los elementos de diseño calculados, e imprimir la sección transversal a escala y consultar la ayuda en pantalla en la cual se da conocer la definición, las funciones, las condiciones, las ventajas, las desventajas y las restricciones para la aplicación de cada práctica.

De esta manera el programa proporciona al usuario información para determinar los elementos de diseño de la práctica que haya elegido, debiendo tener en cuenta cada uno de los factores que intervienen en el proceso erosivo, como son el clima, la vegetación, la topografía, el suelo, el manejo del hombre, tanto en forma aislada como por interacción de todos ellos; sin tener que ceñirse necesariamente a la información proporcionada por el programa. Tendrá también que tomar en cuenta, los fundamentos teóricos de cada método, las recomendaciones técnicas para la aplicación de cada práctica y considerar aspectos sociales y económicos.

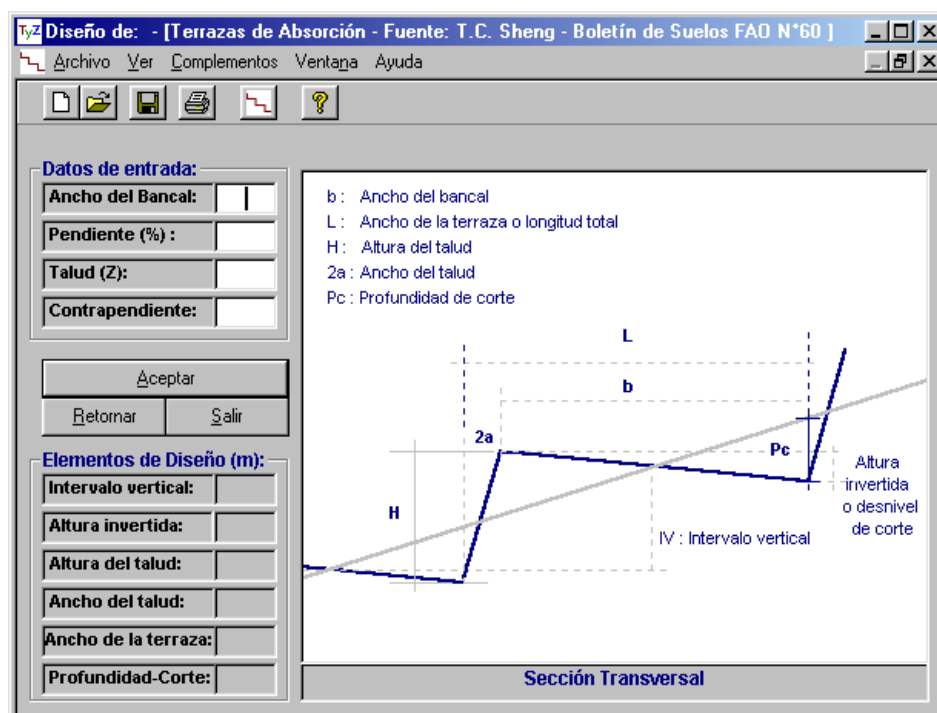


Fig. 3. Pantalla para terrazas de absorción. Método propuesto por FAO (1990).

2. Aspectos sociales y culturales

✎ María A. Benavides

Andenes y riego en el Perú: un análisis de informes coloniales y republicanos

✎ Carmen Felipe-Morales

Balance de las investigaciones sobre andenes en el Perú

✎ Efraín Gonzáles de Olarte y Carolina Trivelli

¿Es la recuperación de andenes una vía sustentable para el desarrollo rural?

✎ Elías Mujica

Los andenes de Puno en el contexto del proceso histórico de la cuenca norte del Titicaca

Andenes y riego en el Perú: un análisis de informes coloniales y republicanos

(Terracing and irrigation in Peru: An analysis of colonial and republican reports)

RESUMEN

Desde la época de la colonia hasta el presente, los estudiosos de la zona andina se han interesado por el sistema agrícola de los andenes irrigados, que ha tenido gran importancia a través del tiempo, específicamente para el cultivo andino tradicionalmente más prestigioso, el maíz. Este artículo presenta las observaciones de algunos cronistas españoles de los siglos XVI y XVII, que se admiraron frente al espectáculo de la andenería irrigada; señala algunos motivos para su abandono ya en aquella época; y menciona ejemplos del siglo XX, en los cuales se han desmantelado andenes para cultivos que han reemplazado al maíz. Se hace referencia a casos específicos de la campaña para la rehabilitación de andenes de décadas recientes, en los cuales han surgido problemas debidos mayormente al hecho de que no se han tomado en cuenta los contextos cambiantes de la población afectada. También se señala la estrecha vinculación que existe entre andenes y riego, y se plantea que el fin principal de los andenes, por lo menos en la vertiente occidental andina, es facilitar el riego, indispensable para la agricultura y el pastoreo, lo que estaría demostrado por el hecho de que aun donde se desmantelan los andenes, se mantiene el sistema de riego.

ABSTRACT

From the colonial period to the present, observers of the Andean area have expressed interest in the system of irrigated terraces, whose importance was related to the cultivation of the most prestigious traditional crop, maize (corn). Colonial chroniclers of the sixteenth and seventeenth centuries admired the spectacle of monumental terracing, and noted the abandonment of some terraced areas already occurring at the time. In the twentieth century, terraces have been intentionally dismantled for the cultivation of crops that have replaced maize. Contemporary projects for rehabilitation of abandoned terraces have run into difficulties stemming primarily from a lack of understanding of current social situations. The importance and usefulness of terraces may have decreased in modern times; but even in locations where irrigated terraces have been dismantled, irrigation is still in use, since natural precipitation is insufficient for agriculture, particularly on western Andean watershed.

¹ Sociedad Geográfica de Lima, Perú, mariaben@speedy.com.pe

Introducción

Esta ponencia propone una comparación entre las referencias a andenes de la primera época colonial y datos del siglo XX. Para el período colonial, se citarán varios autores, tales como el Inca Garcilaso de la Vega (1960 [1604]), el corregidor Juan de Ulloa Mogollón (1965 [1586]), y el Padre Bernabé Cobo (1964 [1653]); y se señalará la preocupación de la misma población andina por los andenes irrigados, según se observa en los mitos del siglo XVI de Huarochirí (Ávila, 1966 [1598]) y en los escritos del siglo XVII de Guaman Poma de Ayala (1983 [1607?]). Para la época moderna, se hará referencia a las observaciones de O. F. Cook, biólogo de la National Geographic Society y miembro de la expedición de la Universidad de Yale al valle del Urubamba, de 1915 (Cook, 1916); a los comentarios de Coolman (1985b, 1986) y de Treacy (1994c) sobre reconstrucción de andenes en la década de 1980 y al estudio de Fonseca (1986) sobre el desmantelamiento de andenes en el valle de Cañete. El objeto del trabajo es enfocar la andenería desde un punto de vista histórico y social, y responder a la preocupación de algunos estudiosos que sostienen que, al perderse la andenería como tecnología, se estaría perdiendo o empobreciendo la cultura tradicional andina.

En esta ponencia, las referencias a andenes y a riego están estrechamente ligadas, ya que los andenes que se comentan son mayormente andenes irrigados: sea en el valle del río Urubamba, en el departamento de Cuzco (Cook, 1916), como en el valle del Colca (Treacy, 1994c), ubicado en la vertiente occidental de los Andes Centrales, que tiene una temporada de lluvias corta, escasa e irregular. En ambos casos es indispensable el riego, porque se debe sembrar antes de que empiece la temporada de lluvias (diciembre-marzo) para tener un período de crecimiento suficientemente largo y poder cosechar antes de las heladas más fuertes de junio y julio. Se considera que los andenes controlan la temperatura del suelo y reducen la intensidad de las heladas por efecto de la humedad retenida, la irradiación de calor de las paredes de piedra y por el aumento de la turbulencia del aire frío que baja de los nevados (Treacy, 1994c).

Los andenes consisten en aterrazamientos en laderas, por medio de paredes que contienen una acumulación de tierra agrícola; en los casos que se comentan en esta ponencia, fueron utilizados en su gran mayoría como tierras irrigadas artificialmente, sea por medio del control de escorrentía o por canales de riego (Cook, 1916; Treacy, 1994c). Se puede sostener que en la vertiente occidental andina, el aspecto primordial de la agricultura es el riego, y que la andenería es el aspecto secundario, dependiente del primero. Este argumento se apoya en la evidencia de que aun cuando se aban-

donan los andenes, o inclusive cuando se les desmantela, se conserva la infraestructura de distribución del agua (Fonseca, 1986), como también numerosos ritos ligados al culto a las fuentes y a los nevados. Es posible que la existencia de canales de riego, a su vez, haya fomentado la ampliación de la andenería original (Moshe Inbar, comunicación personal, abril de 1997). Sin embargo, es improbable que haya habido una importante ampliación de la andenería, a partir de la invasión española en el siglo XVI, en que se inició la catástrofe demográfica que redujo a una décima parte la población andina (Cook, 1981).



Foto 1. Andenería actual en San Juan de Iris (vista desde Laraos).

Andenería y riego

Como es bien sabido, el maíz, cultivo de gran prestigio en los Andes, necesita un período de 7 meses para poder madurar en las zonas que se ubican a una altura mayor de los 2,500 m (Mitchell, 1976). En el siglo XVI, la mayoría de los sembríos de maíz en la zona andina se encontraban entre los 2,500 y los 3,500 m, justamente por ser estas las zonas agrícolas andinas que reciben la mayor precipitación anual, y que quedan más cerca a los deshielos de los nevados. Los ríos andinos por lo general corren en el fondo de valles profundos y sus aguas no son aprovechables para el riego de las laderas altas, que son regadas por medio de canales que se surten de los deshielos y de las lluvias en la puna, es decir, de los bofedales, lagunas y riachuelos de altura.

Según Murra (1975), por chacra se entiende tradicionalmente tierras irrigadas, mayormente para maíz. En efecto, en las visitas a la Provincia de Collaguas de los siglos XVI y XVII, se hace la diferencia entre chacras de maíz y quinua,

huertas de frutales, tierras y pastos para ganado y corrales de papas (Pease, 1977; Benavides, 1995). El padre Ludovico Bertonio, en su **Vocabulario de la lengua Aymara de 1612** (1984 [1612]) se refiere a «andenés que hay por los cerros donde ay chacaras». Como ha argumentado Treacy (1994c), los campesinos en el valle del Colca no hacen distinción de terrenos andenados o no andenados, sino que todo terreno agrícola irrigado es denominado chacra.

El trabajo de Treacy (1994c) sobre los andenes irrigados en Coporaque, un pueblo del valle del Colca, provincia de Caylloma, es considerado el más detallado y completo estudio sobre andenería irrigada a la fecha. Así como ya había señalado Cook (1916) para el valle del Urubamba, Treacy (1994c) sostuvo que en el valle del Colca los andenes agrícolas tienen como objeto principal la creación de superficies planas, o casi planas, que puedan ser regadas artificialmente. Las acequias y los andenes fueron construidos específicamente para poder hacer el máximo uso de las aguas de riego, adelantando la siembra a los meses de agosto, setiembre y octubre sin necesidad de esperar el inicio de las lluvias para sembrar el maíz. En efecto, cuando llegan las lluvias en años «normales», se deja de regar las chacras y se permite que el agua que desborda de las acequias corra libremente por caminos y quebradas.

El riego es indispensable, no solamente para la agricultura, sino también para los pastos naturales, donde se ali-

mentan las llamas, las alpacas, y, desde finales del siglo XVI, también el ganado europeo lanar y bovino. Aquí no se trata de andenes sino de canales en zonas de poca pendiente que amplían los pastos tiernos utilizados principalmente por las alpacas. En efecto, la lucha por el control del agua de riego documentada para las épocas modernas (Benavides, 1997), y probablemente existente desde los tiempos prehispánicos, abarca todo el recorrido de las aguas, con una marcada dicotomía entre los intereses de pastores y agricultores.

Es cierto que los andenes también evitan la erosión de la capa arable, y facilitan el trabajo agrícola. Pero también es cierto que, por lo menos en el criterio de muchos agricultores, estos beneficios son considerados secundarios, y la razón de ser primordial para la existencia de los andenes es su función de retención de la humedad. En la actualidad, la mayoría de los andenes irrigados de la vertiente occidental de los Andes centrales no producen maíz sino otros cultivos. Los cultivos tradicionales: maíz, quinua y tubérculos andinos, han sido en gran parte reemplazados por la cebada y la alfalfa (véase el cuadro 1 para el ejemplo de los cambios en los cultivos de Coporaque, siglos XVI/XVII y 1975/1980). La alfalfa no está oficialmente incluida en los turnos de riego y depende de la precipitación natural y de los excedentes del riego. En general se aprovechan para regar la alfalfa las épocas de cosecha en que no se riegan los demás cultivos (mayo, junio y julio); sin embargo, no es raro el «robo» de agua durante otras épocas del año, para regar la alfalfa.

Cuadro 1. Cultivos en Coporaque entre 1596/1645 y en 1975 y 1980

CULTIVOS	1596/1645		1975		1980	
	ha	%	ha	%	ha	%
Maíz	205	58	27	7	68	21
Quinua	144	40	3	1	5	2
Papas	8	2	32	8	11	3
Cebada	—	—	146	38	126	39
Alfalfa	—	—	70	18	19	6
Habas	—	—	72	19	67	21
Trigo	—	—	23	6	15	5
Arveja	—	—	7	2	6	2
Otros	—	—	3	1	4	1
Total	357	100%	383	100%	321	100%

— No aparece

Nota: Obsérvese que el maíz y la quinua, que eran los cultivos principales en la época colonial, han sido reemplazados en gran medida por la cebada, la alfalfa y las habas.

Fuente: Benavides 1995, p. 30.

Existen otros tipos de andenes, no agrícolas: los que se utilizan para la construcción de viviendas en laderas, los que sostienen los canales de riego y los que sirven como salinas, que se inundan con el agua salobre que brota de las cuevas en los cerros. Luego de que evapora el agua, se recoge la sal depositada. Ulloa (1965 [1586]) documentó el ejemplo de Huambo, un pueblo de la provincia de Caylloma, donde eran importantes los andenes saleros en el siglo XVI. Hasta la actualidad existe el «camino de la sal», que cruza el valle del Colca a la altura de Yanque, por la que transitan las llamas que llevan sal de Huambo y Lluta a las alturas de la provincia de Espinar, departamento de Cuzco.

Referencia a andenes y riego al inicio de la colonia

Como es bien sabido, el Inca Garcilaso de la Vega (1960 [1604]) escribió sus **Comentarios Reales** a fines del siglo XVI, muchos años después de haber dejado para siempre el Perú. La obra de Garcilaso estaba dirigida específicamente a ensalzar el concepto de los Incas, a cuya estirpe pertenecía por descendencia materna, siendo español por parte de padre. Garcilaso pertenece a la corriente que atribuía a los incas todos los aspectos más avanzados de la cultura andina, sosteniendo que antes de ellos la población era salvaje e ignorante.

Según Garcilaso, cuando los incas conquistaban una nueva provincia, inmediatamente enviaban ingenieros especializados en la construcción de canales de riego, para aumentar los cultivos de maíz que requerían de irrigación para prosperar en esas tierras tropicales. Del mismo modo, irrigaban la puna, como se podía observar hasta la época en que Garcilaso escribía, por la evidencia de los canales que todavía subsistían en todo el Perú. En las laderas, en las alturas y hasta en las superficies rocosas, construían terrazas sostenidas por paredes de piedra que llenaban con tierra de cultivo traída de otros lugares. Estos andenes se iban ensanchando desde arriba hasta abajo de la pendiente, donde podían llegar a tener doscientas fanegas de tamaño. Estas eran empresas arduas, pero permitían el máximo desarrollo de las más pequeñas extensiones de tierra anteriormente árida. En efecto, sucedía en algunos casos que se construían canales de quince a veinte leguas de largo para irrigar unos pocos topes de chacra.

Garcilaso señaló que la mayor parte de las cosechas de maíz en los andenes pertenecían al Inca y al Sol, lo que era justo ya que había sido el Inca quien había construido los andenes. Otros cereales y tubérculos como las papas, las ocas y los ñus se sembraban en tierras que no tenían riego y que no eran fertilizadas como las chacras de maíz, y por tanto no producían una cosecha anual. También se cultivaba la quinua en las tierras frías.



Foto 2. Andenería actual (Laraos).

Cieza de León (1967 [1553]) también atribuyó a los incas la andenería, pues sostuvo que, entre los grupos étnicos conquistados, «muchos no eran diestros en cultivar las tierras; les enseñaban cómo habían de hacer y como sacar acequias y regar con ellas los campos.»

Según la Relación del corregidor Ulloa (1965 [1586]), en la provincia de Collaguas, jurisdicción de Arequipa, los indios adoraban los cerros nevados porque con los deshielos regaban sus tierras y nacían los ríos. Los indios se abastecían para el riego de unos arroyos que bajaban de la sierra a caer en el río principal, y, como las laderas eran tan empinadas, no podían aprovechar las aguas del río, porque corría encañonado en el fondo del valle. Dice Ulloa que las chacras y sementeras que tenían eran «hechas a mano en andenes hechos en cada era una pared». Ulloa se refirió también a andenes salineros: «...hay otras salinas en el pueblo de Guambo, de sal blanca, que haciendo unas eras [andenes] y metiendo en ellas el agua de un arroyo, dejándole estar, se yela en sal muy buena y blanca; y de aquí se provee toda esta provincia».

El cronista indígena huamanguino, Guaman Poma de Ayala (1982 [1607?]), no consideraba que los andenes irrigados fueran obra de los incas. Según él, se trataba de obras construidas a través de los siglos por iniciativa de los habitantes de la zona andina. Guaman Poma se refiere a la época de los Huari, término que él utiliza para poblaciones originarias preincaicas; y sostiene que éstos «comen-

zaron a trabajar, hicieron chacras o andenes y sacaron acequias de agua de los ríos y lagunas y pozos y los llamaron pata, chacra, larca, yacoy (andén, sementera, acequia, mi agua). Y no tenían casas sino unas chozas redondas que ellos llaman pucullo. Y no sabían hacer ropa, sino que se vestían de cueros de animales».

Dice Guaman Poma que «se multiplicaron los indios durante más de mil años... han sacado unas acequias de los ríos o pozos, de las lagunas o de estanques. En tiempo antiguo las sacaron con tanto trabajo que si hubiera que pagar actualmente se gastaría doce o veinte mil pesos. Antes que hubiera el Inca, como había tanta población indígena y no tenían sino un rey o señor, abrieron y construyeron las acequias e hicieron todas las sementeras y los andenes que ellos llaman pata, chacra, larca. Y las hicieron con la mayor facilidad del mundo a mano, sin herramientas, que pareciera que cada indio alzaba una piedra, lo que bastaba, por haber tanta gente».

Según Guaman Poma, las acequias fueron sacadas por mandato de los «primeros reyes y señores». Después, los incas mandaron que se guardara la costumbre y la ley, y prohibieron que se malograran las acequias y el acceso a las aguas para riego. No solamente era el riego para las tierras agrícolas, sino también para los pastos de ganado, que se regaban en las alturas y en las quebradas. Había una sentencia sin apelación para la persona que dañara o quitara las piedras de las acequias, y no se permitía que el ganado entrara a las acequias. «Y se respetaba esta ley y ordenanza para el servicio de Dios y del gobernante y de la población del reino...»

Dice Guaman Poma que ya en su época no se guardaba esta ley: «Y así se pierden las cosechas por falta de agua. Por eso pierden los indios sus cosechas y el Rey de España deja de percibir el quinto real que le corresponde, y la iglesia deja de recibir el diezmo que se le debe. Ahora los españoles por todas partes sueltan su ganado: las recuas de mulas, las cabras, las ovejas, que hacen grandes daños. Se pierden las aguas de riego y se quiebran las acequias y no hay dinero para repararlas. La poca agua que queda, los españoles se la quitan a los indios. Por ese motivo, los indios huyen de sus pueblos. Debería haber en cada pueblo un juez de aguas como había anteriormente, que se llamaba «cillquiua», para que reparta el agua y para que castigue a los infractores y no permita que los ganados se metan a las acequias y a las sementeras...» (Guaman Poma de Ayala, 1980:958 [f.944]).

Como se puede ver, Guaman Poma se está refiriendo específicamente al abandono de las acequias, pero se puede inferir que el abandono de los andenes fue concomitante. Obsérvese que Guaman Poma no se refiere a

abandono de tierras por la gran mortandad que en su época estaba diezmando la población indígena, sino solamente a la emigración voluntaria.

Los mitos de Huarochirí de fines del siglo XVI (Ávila, 1966 [1598?]) se refieren insistentemente a los canales y al riego. Los capítulos VI y VII tratan principalmente de los mitos ligados a la construcción de acequias. Uno de los mitos trata de la limpieza del acueducto de San Lorenzo de Quinti «conforme lo hacían en la antigüedad», cantando y bailando, y adoraban a la acequia. Cuando el dios Pariacaca decidió hacer la acequia, «los pumas, los zorros, las serpientes, los pájaros de toda clase, barrieron el piso del acueducto, lo hicieron ellos». El zorro fue el guía o curaca. Pero el zorro en un cerro se cayó y por eso la acequia tiene una caída. «Si el zorro no se hubiera caído, el acueducto hubiera seguido una ruta más alta» y, supuestamente, hubiera regado más tierras.

Referencia a andenes y riego a principios del siglo XX

Un artículo del botánico O.F. Cook, quien participó de la expedición de la Universidad de Yale al valle del río Urubamba en 1915, se ocupó de modo particular de andenes y riego. Cook (1916) llamó a los andenes de laderas con fuertes pendientes «Agricultura en escaleras de la antigüedad» y señaló la importancia de la técnica de construcción de los canales de riego y de las paredes de las terrazas que sostienen el relleno y las capas arables superficiales. Cook señalaba que, si bien la técnica de andenes fue conocida a nivel mundial, en ningún continente se había desarrollado en fuertes pendientes como en la zona andina. Sostuvo que esas extraordinarias obras de ingeniería eran anteriores a la dominación incaica, y las comparó favorablemente tanto con las obras de la antigüedad clásica, como, por ejemplo, los jardines colgantes de Babilonia, como con las obras de riego contemporáneas que se estaban realizando en el oeste americano.

Cook (1916) también señaló la importancia de las terrazas de fondo de valle, todavía en uso, y de las tierras que se habían ganado al río Urubamba por medio de la canalización de sus aguas. Se admiró de los muros de contención que habían eliminado los meandros del río, forzándolo a discurrir pegado a los cerros que forman un lado del valle. Cook observó el elevado nivel de abandono de los andenes de ladera, pero no intentó establecer los motivos y la época en que estos habían caído en desuso.

La tendencia al abandono de andenes de las partes altas de las laderas es observable también en la actualidad (Denevan, 1986). En el valle del Colca los campesinos la

atribuyen a la falta de agua. Pero no está comprobado que actualmente sea menor el recurso agua que en siglos pasados. Es posible que la introducción de la cebada y la alfalfa, que pueden ser cultivadas en las zonas más planas, sujetas a vientos más fríos que las laderas, haya motivado una reorientación del recurso agua a zonas anteriormente no prioritarias para la agricultura.

La problemática de la recuperación de andenes

En 1986 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, bajo la presidencia del Ing. Carlos del Río, publicó el libro **Andenes y camellones en el Perú andino** (De la Torre y Burga, 1986). Se trata de la publicación de las principales ponencias que se presentaron en el Seminario-Taller «Recuperación de Tecnologías Nativas: Andenes y Camellones» que el CONCYTEC había organizado en julio de 1985. En el libro están incluidos algunos otros ensayos publicados anteriormente, y, desde luego, no podía faltar un artículo de Luis Masson sobre la rehabilitación de andenes en San Pedro de Casta. Según Masson, en el Perú de hoy existe aproximadamente un millón de hectáreas de andenes, del que se utiliza solamente un 25 por ciento (Masson, 1986a).

En 1986 estaba en boga la recuperación de tecnologías tradicionales, y se realizaban proyectos para la rehabilitación de andenes en varias provincias del Perú. En el Cusco, desde 1982, el «Proyecto de Desarrollo Rural en Micro Regiones» (PRODERM) era financiado por la Corporación Departamental de Desarrollo del Cusco (Van Der Zel 1989) para un programa de recuperación de andenes, con la cooperación del Convenio Perú-Holanda. Sigue una reseña de algunos artículos pertinentes:

De Vries (1986) se refiere a estudios que indican que la tecnología tradicional para la recuperación de andenes derruidos podría ser aplicada con recursos y conocimientos locales. No existiría, por tanto, problema mayor a nivel tecnológico, sino social y económico. Pero solo se podría hablar de recuperación si estuviera frenado el proceso de deterioro existente a la época. Un obstáculo era el cambio en la utilización de la mano de obra de los campesinos, quienes necesitaban más ingresos monetarios, lo que obligaba a la migración temporal o permanente.

Zvietcovich (1986) señala que en el valle del Colca aun en la «actualidad» se podía observar excepcionalmente la construcción de andenes para ampliación de la frontera agrícola. Los andenes en el Colca son de cuatro tipos: andenes para canales, de estructura sólida, con lajas de piedra; andenes agrícolas, con superficies desde dos a tres metros hasta más de mil metros cuadrados, con siste-

mas de riego y drenaje; andenes para vivienda, ubicados en las partes altas, en suelos muy pedregosos, con superficie entre 80 y 150 metros cuadrados; andenes mixtos para vivienda y agricultura, con superficies de 300 a 400 metros cuadrados.

Coolman (1986) se refiere a su experiencia en reconstrucción de andenes en una comunidad de Puno, con autorización del Instituto Indigenista Peruano que puso como condición que la experiencia se realizara en tierras anteriormente andenadas. El trabajo se comenzó el 10 de julio de 1984 y duró 14 días. La superficie construida fue de 1,781 metros cuadrados, con el trabajo de 890 días/hombre, a razón de 4 horas diarias; esto implicaría 2,500 días/hombre por hectárea. En el cálculo económico estaban incluidos los factores siguientes: apoyo alimentario, fuerte pendiente, poca disponibilidad de piedra, abundancia de cascajo en el terreno y relación hombres/mujeres participantes. Pero hubo dificultades a todo nivel: comunicación entre organizadores y trabajadores, diferentes criterios para levantamiento de los muros de contención y el problema suscitado cuando, al cavar las zanjas, para los muros se cubrió la tierra de la capa arable con la tierra del subsuelo que es más pobre.

En un documento anterior, Coolman (1985b) había descrito con detalle 30 casos de construcción y rehabilitación de andenes, todos ellos en el departamento de Puno. Las instituciones que realizaban las obras eran: en 1983, CIPA XV del Ministerio de Agricultura; en 1984, la Dirección de Aguas y Suelos del Ministerio de Agricultura; y en 1985, el Proyecto Especial de Emergencia de la CORPUNO. El proyecto de rehabilitación de andenes formaba parte del Proyecto «Manejo y Conservación de Cuencas», y fue diseñado como una medida de emergencia para auxiliar a la población después de la sequía de 1982-83. El objeto principal era generar empleo de modo productivo y como una vía para la distribución de alimentos.

Las oficinas del plan de emergencia recibieron solicitudes de las comunidades interesadas en trabajar en andenería a cambio de alimentos, préstamo de herramientas, asistencia técnica y préstamos en insumos para el desarrollo agrícola. Se seleccionaron las ubicaciones de más fácil acceso. Los técnicos encargados de los proyectos explicaban que la superficie mínima era de una hectárea en un área continua. Supuestamente las decisiones se debían tomar en asamblea de la comunidad, pero en la práctica las decisiones fueron tomadas por los comuneros con mayores recursos económicos. Hubo casos en que ningún comunero quiso que se trabajara en sus parcelas y se recurrió a un terreno marginal para el experimento.

Los mayores problemas fueron escasez de conocimientos de los trabajadores locales y la falta de movilidad para los ingenieros. La mayoría de los andenes existentes mostraban los efectos de la acción erosiva de cientos de años. Los muros necesitaban refuerzo en la base, cuando no estaban ya derrumbados. En algunos casos se reforzaron los muros existentes sin cimentarlos adecuadamente, lo que puso en peligro todo el muro. En muchos casos el resultado último fue contraproducente y empeoró las estructuras existentes; en modo particular, con los movimientos de tierra siempre se perdió una parte de la capa arable (Coolman, 1986). Es evidente que las consideraciones políticas tuvieron precedencia sobre las tecnológicas.

Asillo es otra comunidad de Puno, donde se trabajó de manera diferente. Se levantó la capa arable antes de la construcción de los muros de contención. Después de la nivelación del andén se extendió la capa arable en la superficie; pero no siempre se pudo evitar que se mezclara la capa arable con la de subsuelo. Además, se utilizaron piedras de los antiguos andenes para construir los muros de los nuevos. Otra institución construyó terrazas de absorción que solamente son adecuadas para zonas de climas tropicales y no se adaptan a la realidad del altiplano (Ramos, 1986a).

Por su parte, en el mismo libro **Andenes y camellones**, el antropólogo Fonseca (1986) se refirió al desmantelamiento intencional de andenes en el valle de Cañete. Según este autor, el estudio de andenes y camellones no debe limitarse a cómo estas técnicas se adaptan a las condiciones naturales, sino que deben tomar también en cuenta cómo las técnicas son modificadas en respuesta a la influencia del mercado. Por ejemplo, el sistema de cultivo en andenes, practicado por los antiguos peruanos y calificado por muchos estudiosos como una técnica bien adaptada al medio ecológico, está siendo abandonado en varias regiones del país. En la cuenca del río Cañete, han sido desmantelados miles de andenes como consecuencia del proceso de cambio de cultivos, bajo la influencia del mercado.

A través del estudio de la dinámica de las zonas de producción, o sea, de la contracción, abandono de ciertas zonas en favor de la expansión y creación de nuevas zonas de producción, podríamos tal vez entender mejor las tendencias de los cambios en la agricultura andina y fijar una política a seguir en proyectos tales como la reimplantación del sistema de andenes en las zonas montañosas del país. Fonseca (1983, 1986) retoma el argumento de los primeros cronistas, sosteniendo que es probable que los miles de andenes perfectamente construidos en los terrenos de mayor pendiente, con muros de piedra, logrando superficies planas con tierras profundas y dotados de riego artificial, hayan sido construidos durante el

dominio Inca, por lo que él los denomina «andenes estatales». En las extensas laderas de menor pendiente hay otro tipo de andenes, construidos en base a las terrazas naturales, que siguen la pendiente natural; en ciertos casos, tienen muros de contención que permiten la acumulación de suelos en las partes más bajas de la parcela, formando bordes que se superponen siguiendo las curvas de nivel. Estos bordes son lomos de tierra que han sido perfectamente explanadas con muros de piedra y barro y con raíces de arbustos que crecen sobre dichos lomos. Protegen los campos agrícolas de los daños de los animales y también sirven como límite entre parcelas individuales. Partes de las laderas con estos andenes tienen una infraestructura de riego y son utilizadas para el sembrío de maíz. En contraste con los andenes estatales, Fonseca los llama «andenes rústicos», o sea construidos por cada familia, año tras año.

Los andenes estatales se ubican cerca a los centros poblados donde por lo general es cultivada una variedad de maíz denominada michka. Son abonados constantemente, y combinan maíz con papa. Son regados bajo el sistema de tauma, que consiste en la distribución cuidadosa y equitativa del agua de regadío en cada andén. Los muros de estos andenes son reparados anualmente antes de la iniciación del año agrícola. En cambio, los andenes rústicos no siempre son abonados.

Fonseca (1986) equipara el cultivo de la alfalfa con la privatización de tierras por los pequeños ganaderos en las comunidades andinas. La introducción de la alfalfa obligó a la concentración de las mejores tierras de cultivo bajo riego en pocas manos. Para la construcción de corrales fue necesaria la destrucción de cientos de andenes. El cultivo intensivo de la alfalfa exigía cambios sustanciales en las estructuras tradicionales que solo podrían ser logrados a partir de decisiones a nivel comunal. El argumento es parte de la tendencia que quiere favorecer a las comunidades indígenas o campesinas, bajo el concepto de que la comunidad es la entidad más apta para el manejo de los recursos naturales andinos (véase también Mayer, 1994 y Bunker *et al.*, 1986).

Por su parte, Treacy (1994c) fue testigo de un proyecto de recuperación de andenes en Coporaque, valle del Colca, en los años 1984 y 1985, años en que el autor estaba realizando trabajo de campo en ese pueblo. Treacy (1994c) explica en extenso las virtudes y ventajas de los andenes irrigados, y los argumentos a favor y en contra de los proyectos de recuperación de andenes. Según Treacy (1994c), las terrazas reducen el riesgo agrícola, condición básica de cualquier innovación exitosa en la agricultura; además, protegen al suelo de la erosión, crean nuevas zonas de cultivo y no requieren de nuevos insumos tecno-

lógicos. Pero el reto de revivir la práctica de construcción de terrazas agrícolas consiste en diseñar programas flexibles que proporcionen suficiente ventaja a los campesinos para que ellos mismos amplíen o recuperen las terrazas. En el pasado andino, las terrazas representaban una forma altamente desarrollada de manejo de tierras, debido a contextos ecológicos y/o económicos que requerían de que los agricultores invirtiesen en la agricultura con riego permanente. Los contextos socioeconómicos en las sociedades rurales contemporáneas son diferentes de los del pasado, pero podrían igualmente sustentar la agricultura en terrazas.

Según Treacy, en la promoción de los proyectos de recuperación de andenes se prioriza la conservación de suelos, cuya importancia económica en el largo plazo es incuestionable, pero que no es el argumento más convincente para los campesinos. La mayoría de las terrazas en el área andina parecen no haber sido construidas específicamente para contrarrestar la erosión; en el valle del Colca, los motivos para construir terrazas fueron la necesidad de edificar plataformas irrigables para cultivar maíz. Según Treacy, sería preferible reintroducir las técnicas de construcción de terrazas junto a otros insumos agrícolas, especialmente el riego. La ubicación de nuevas fuentes de agua debe preceder a la rehabilitación de terrenos, dado que la disponibilidad de agua determina el ritmo al que las terrazas abandonadas son rehabilitadas. En Coporaque, en décadas anteriores, los agricultores habían rehabilitado terrazas espontáneamente mediante la reconstrucción de canales adyacentes en desuso, empleando trabajo comunal.

Por lo tanto, Treacy propone: (1) revisar o introducir sistemas de riego; y (2) proporcionar mercados para la nueva producción. Es decir, las terrazas deben ser construidas o reconstruidas para cultivos que pueden ser comercializados, para compensar los costos crecientes de la construcción. Véase, por ejemplo, el aterrazamiento espontáneo en el oriente peruano y boliviano para sembrar coca; en el valle del Rímac se construyen terrazas sobre áridas laderas para cultivar flores que se venden en la capital a buenos precios; las terrazas de Sabandía y Paucarpata, cerca de Arequipa, son conocidas por producir alfalfa para la industria lechera. Evidentemente, la cercanía a un mercado podría justificar horticultura comercial intensiva en terrazas.

Las terrazas no necesariamente son incompatibles con las contribuciones de la tecnología moderna. Muchos agricultores andinos están interesados en métodos de cultivo técnicamente avanzados y rehuyen la clasificación supuestamente subordinada de «campesinos». Hay interés en Coporaque por arados mecánicos ligeros operados a mano que funcionan a gasolina, llamados «mulas mecánicas»,

que son suficientemente portátiles como para arar terrazas angostas y suficientemente baratos como para estar al alcance de algunos agricultores. Pero trabajar con las comunidades andinas en la rehabilitación de terrazas requiere, sobre todo, de la perspicacia para ubicar a las terrazas dentro de una perspectiva cultural y económica, para evitar que la ampliación de la frontera agrícola estimule rivalidades y conflictos, puesto que no siempre queda claro quién hará uso de las terrazas habilitadas (Treacy, 1994c).

Conclusión

En esta ponencia se ha procurado comparar la visión de la utilidad e importancia de los andenes en dos períodos históricos: la primera época colonial y la actualidad. La andenería es una tecnología conocida a nivel universal, y se ha utilizado para fines variados. En los Andes aparentemente su finalidad principal ha sido el cultivo del maíz. A medida que se ha modificado el interés por los cultivos, y se han introducido la cebada y la alfalfa como cultivos prioritarios, se ha visto un menor interés por conservar los andenes de laderas altas, puesto que la cebada y la alfalfa soportan los vientos fríos de las pampas de fondo de valle.

Treacy (1994c) encontró que las terrazas en el Colca son consideradas como cualquier otra chacra irrigada. La tierra está vinculada a los conceptos de tenencia, derechos de agua, obligaciones sociales y familiares y bienestar económico. La gente se refiere a las terrazas de la misma manera en que se refiere a otras clases de chacras: son bienes o capitales sociales.

La andenería irrigada es una de las tantas manifestaciones de la cultura andina que se crea y recrea a través del tiempo. No se conocen todos los motivos que han existido para el abandono de los andenes a través de los siglos. Según Guaman Poma (1993 [1607]), hubo abandono de tierras irrigadas por descuido de las acequias que ya no abastecían zonas extensas a fines del siglo XVI. En 1915, Cook (1916) encontró que la mayoría de los andenes de ladera en el valle del Urubamba estaban abandonados, pero que se seguían cultivando andenes en el fondo del valle. Fonseca señala que, en épocas modernas, se han desmantelado andenes para sembrar alfalfa. Desde luego, existen otras causas para el abandono de andenes que no se han considerado en esta ponencia, como las migraciones en la época colonial y republicana, y la caída demográfica cuyo punto más bajo fue aparentemente a principios del siglo XVIII. Pero es evidente que los cambios en el agro andino obedecen a causas múltiples, ligadas a otros cambios de tipo demográfico, económico, político y cultural. Todo proyecto de «recuperación de andenes» debe tomar en cuenta dichos cambios, y los conflictos que

pueden ser generados localmente por la intervención de instituciones nacionales o internacionales.

No se puede equiparar la pérdida de la tecnología de andenería a la pérdida de la cultura andina. La cultura no es un objeto tangible y visible que se puede perder: es un aspecto de la vida de un pueblo o un grupo humano que está en constante transformación. Como bien ha señalado Treacy (1994c), la población andina será la primera en conservar, construir o reconstruir andenes si es que los andenes corresponden a una necesidad actual, y si los proyectos de recuperación consideran la dinámica económica y social de los grupos humanos que los han de utilizar.

Anexo 1

Pedro Cieza de León

1985 [1553] Crónica del Perú: segunda parte. Lima, Pontificia Universidad Católica del Perú.

fol.16/ ...Y es de saber otra cosa, que tengo para mí por muy cierto, segúnd an sido las guerras largas y las crueldades, robos y tiranias que los españoles an hecho en estos yndios, que si ellos no estuvieran hechos a tan / fol.16v/ gran de orden / y conçierto totalmente se [o]vieron todos consumidos y acavado; pero ellos, como entendidos y cuerdos y questavan ynpuestos por príncipes tan sabios, entre todos determinaron que si un exército de españoles pasase por cualquiera de las provincias, que si no fuere el daño que por ninguna vía se puede escusar, como es destruyr las sementeras, robar las casas, hazer otros daños mayores quéstos, que en lo demás todas las comarcas [sic] tuviesen en el camino real por donde pasavan los nuestros sus contadores y éstos tuviesen proveymiento lo más cunplido que ellos pudiesen para que no achaque de la falta no los destruyesen del todo: y asi eran proveydos. Y después de salidos, juntos los señores, vían los quipos de la quantas y por ellos, si uno avía gastado más que otros, los que menos avían proveydo lo paga[va]n, de tal suerte que yguales quedasen todos.

Y en cada valle ay esta quenta oy día y sienpre ay en los aposentos tantos contadores como en él ay señores de quatro en quatro meses fenesen sus quantas por la manera dicha. Y con la horden que an tenido an podido sufrir conbates tan grandes que si Dios fuese servido que del todo oviesen çesado con el buen tratamiento que en este tienpo reçiben y con la buena orden y justiçia que ay, se restaura[ría]n y multiplicarían para que en alguna manera buelva a ser este reyno lo que fue, aunque yo creo que será tarde o nunca. Y es verdad que yo e visto pueblo[s] y pueblos bien grandes, y de una sola vez que cristianos españoles pasen por él, quedar tal que no pareçia sino que fuego lo avia consu-

mido; y como las jentes no eran de tanta razón, ni unos a otros se ayudavan, perdianse después con hanbres y enfermedades, porque entre ellos ay poca caridad y cada uno es señor de su casa y no quiere más quenta. Y esta horden del Perú / fol.17/ dévese / a los señores que lo mandaron y supieron ponerla en todas las cosas tan grandes como vemos los que acá estamos por estas cosas y otras mayores. Y, con tanto, pasaré adelante.

fol.21v ...Y con esto y con otras buenas maneras que tenía, [los incas] entraron en muchas tierras sin guerra, en las quales mandavan a la jente de guerra que con él yva que no hiziesen daño ni ynjuria ninguna ni robo no fuerça: y si en la tal provincia no avía mantenimiento, mandava que de otras partes se proveyese porque a los nuevamente venidos a su serviçio no les pareçiese desde luego pesado su mando y conoçimiento y el conoçelle y aborreçelle fuese en un tienpo. Y si en alguna destas provincias no avía ganado, luego mandava que les diesen por quenta tantas mill cabeças, lo qual mandava que mirasen mucho y con ello multiplicasen para proveerse de lana para sus ropas, y que no fuesen osados de matar ni comer ninguna cría por los años y tienpo que le[s] señalava. Y si avia ganado y tenía de otra cosa falta, era lo mismo; y si estaban en collados y breñales, haziales entender con buenas palabras que hiziesen pueblos y casas en los más llano de las sierras y laderas; y como muchos no eran diestros en / fol.22 / cultivar las tierras, avesávanles cómo avían de hazer enponiéndose en que supiesen sacar açequias y regar con ellas los campos.

fol.22v ... De tal manera se hazía esto, que savemos [que] en muchos lugares que no aia ganado, lo uvo y mucho desde el tienpo que los Yngas los sojugaron y en otros que no avía mayz, tenello después sobrado. Y en todos los más andavan como salvajes mal vestidos y descalços: y desde que conoçieron a estos señores usaron de camisetas largas y mantas, y las mugeres lo mismo, y de otras buenas cosas, tanto que para sienpre abrá memoria de todo ello.

Anexo 2

Juan de Ulloa Mogollón

1965 [1586] «Relación de la provincia de los Collaguas para la discreción de las Indias que su magestad manda hacer». En: Relaciones geográficas de Indias, editado por Marcos Jiménez de la Espada, Tomo 183, pp. 326-333. Madrid, Biblioteca de Autores Españoles.

Catorce capítulo.- ... Las adoraciones que tenían eran las guacas, que las principales que había en esta provincia se llamaban Collaguata y Suquilpa, Apoquico, Omascota,

Gualcagualca. Todos estos eran y son cerros altos nevados, que por algún beneficio que les venía dellos, como es de que de la nieve que cae de algunos dellos riegan algunas tierras o se funda algún río o otro cualquier por que les viene, les adoraban.

Capítulo diez e nueve.- Ya está dicho del río que hace valle esta provincia. No hay otros ríos señalados en toda ella más que unos arroyos que bajan de la sierra a caer en este río, y como es tierra tan fragosa, no tienen aprovechamiento del río, porque no pueden sacar aguas ni tienen comodidad ni tierras para ello, y las chácaras y sementeras que tienen, son hechas a mano en andenes hechos en cada era una pared.

Capítulo treinta.- ... Hay otras salinas en el pueblo de Guanbo, de sal blanca, que haciendo unas eras y metiendo en ellas el agua de un arroyo, dejándole estar, se yela en sal muy buena y blanca; y de aquí se provee toda esta provincia.

Capítulo treinta e tres.- Los tratos y granjerías que tienen son de ganado de la tierra, lana y carne, que traen los indios de la sierra donde se cría el ganado a los indios del valle, y truécenlo por maíz e quínoa; y este es el principal trato que hay entrellos.

Anexo 3

Francisco de Ávila

1966 [1598?] Dioses y hombres de Huarochirí. Narración quechua recogida por Francisco de Ávila. Traducción de José María Arguedas. Lima, IEP.

p.49...algunos de los hombres del pueblo (de Huayquihuso) bajaron a la zona caliente (yuncacuna), silenciosamente, sin hablar y sin que nadie los advirtiera. Se fueron hasta las chacras de Cupara. Y allí, los que habitaban ese pueblo Cupara, padeciendo de la sequedad de la tierra, sobrevivieron llevando agua de un manantial. El manantial salía de una montaña grande que está hacia arriba de San Lorenzo. Esa montaña, ahora, se llama Sunacaca. Allí había una laguna grande. De ella guiaban el agua hasta otras lagunas pequeñas, y llenándolas, se surtían de agua para regar.

En aquel tiempo, vivía una mujer muy hermosa en el pueblo del que hablamos; ella se llamaba Chuquisuso. Un día regaba, llorando, su campo de maíz; lloraba porque la poquísima agua no alcanzaba a mojar la tierra seca. Entonces Pariacaca, bajó, y con su manto tapó la bocatoma de la laguna pequeña. La mujer lloró más dolorosamente, viendo que la poquísima agua desaparecía. Así la encontró Pariacaca, y le preguntó: «Hermana: ¿por que sufres - le dijo Pariacaca - Yo haré que venga mucha agua de la laguna que tienen ustedes en la altura; pero acepta dormir

antes conmigo». «Has venir el agua, primero. Cuando mi campo de maíz esté regado, dormiré contigo», le contestó ella. «Esta bien», aceptó Pariacaca; e hizo que viniera mucha agua. La mujer, feliz, regó todos los campos, no sólo el suyo. Y cuando acabó de regar los sembrados, «Ahora, vamos a dormir», le dijo Pariacaca. «Todavía no, pasado mañana», le dijo ella. Y como Pariacaca la amaba mucho, le prometió de todo, porque deseaba dormir con ella. «Voy a convertir estos campos en tierra con riego, con agua que vendrá del río», le dijo. «Has primero esa obra, después dormiré contigo», le dijo ella. «Está bien», contestó Pariacaca y aceptó.

p.51 En ese tiempo, los pueblos yuncas tenían, para regar sus tierras, un acueducto muy pequeño que salía de una quebrada que se llamaba Coccochalla y que estaba un poco arriba de San Lorenzo. Pariacaca convirtió ese acueducto en una acequia ancha, con mucha agua, y la hizo llegar hasta las chacras de los hombres de Huracupara. Los pumas, los zorros, las serpientes, los pájaros de toda clase, barrieron el piso del acueducto, lo hicieron ellos. Y para hacer el trabajo, todos los animales se organizaron «¿Quién va a guiar la faena, quién ha de ir por delante?», dijeron. Y todos quisieron ser los guías. «Yo, antes que todos», «Yo». «Yo», reclamaban. Ganó el zorro. «Yo soy el curaca; yo voy a ir por delante», dijo. Y comenzó el trabajo, encabezando a los otros animales. El zorro guiaba la obra, los otros le seguían. Y cuando iba avanzando el trabajo, por encima de San Lorenzo, en un cerro, de repente se echó a volar una perdiz. Saltó: «¡Pisc, pisc!», gritando. El zorro quedó aturdido; «¡Huac!», diciendo, se cayó; rodó hacia abajo. Los otros animales se enfurecieron e hicieron subir a la serpiente. Dicen que si el zorro no se hubiera caído, el acueducto hubiera seguido por una ruta más alta; ahora pasa un poco por debajo. Y aún se ve muy claro donde cayó el zorro; el agua baja por allí mismo.

Cuando el acueducto estuvo concluido, Pariacaca le dijo a la mujer: «Vamos a dormir». Pero ella contestó: «Subamos hacia los precipicios altos; allí dormiremos». Y así fue. Durmieron sobre un precipicio que se llama Yanaccacca. Y cuando ya hubieron dormido juntos, la mujer le dijo a Pariacaca: «Vamos a cualquier sitio, los dos». «Vamos», respondió él. Y se llevó a la mujer hasta la bocatoma del acueducto de Coccochalla. Cuando llegaron al sitio, esa mujer llamada Chuquisuso dijo: «Voy a quedarme en el borde de este acueducto», e inmediatamente, se convirtió en yerta piedra. Pariacaca siguió cuesta arriba, siguió caminando hacia arriba. Pero de este suceso hablaremos después. En la boca-toma de la laguna, sobre el acueducto, una mujer de helada piedra está; ella es la que se llamaba Chuquisuso. Y cuando

hicieron otro acueducto, por una zona más alta, también en ese tiempo y en ese lugar llamado Huinconpa, esta ahora Cuniraya, helado e inerte. Allí fue donde Cuniraya acabó. Pero de todo lo que hizo antes, hemos de hablar en los capítulos siguientes.

p. 53 El ayllu que se llamaba Cupara forma parte de la reducción de San Lorenzo de Quinti. Existe hasta ahora. De este ayllu se formó otro llamado Chahuincho. Por eso, los habitantes de este ayllu, limpian el acueducto conforme la hacían en la antigüedad, en el mes de mayo. En esa ocasión todos, toda la gente, iba hasta la piedra en que se convirtió Chuquisuso. Llevaban chicha, una clase de comida que se llama ticti y cuyes y llamas para adorar a esa mujer demonio. Concluída la ceremonia, se encerraban en un cerro de troncos de quishuar, y desde allí saludaban a Chuquisuso durante cinco días, sin moverse. Después de esta adoración limpiaban el acueducto. Concluída la limpieza de la acequia, la gente bajaba al pueblo cantando y bailando. Con mucho respeto y temor traían una mujer, y decían: «Esta es Chuquisuso» y se rendían ante ella como si fuera la misma a quien representaba. Algunos la adoraban con todo lo que podían. Y así, bebían y cantaban durante toda la noche y celebraban una fiesta muy grande. Desde entonces, aún cuando vivía el antiguo y poderoso don Sebastián, en el día de Corpus y en la Pascua grande: «Soy Chuquisuso», diciendo una mujer servía chicha en una vasija de gran tamaño y, con un pote, también grande, servía a toda la gente, de un extremo a otro: «Es la chicha de nuestra madre», decía. Ella misma, también, entregaba a cada persona una porción de maíz tostado que llevaba en un gran mate. Cuando se había concluido de limpiar la acequia, los hombres se convidaban unos a otros, maíz, porotos, toda cosa buena.

Y como crecían en esas costumbres, todos los hombres: «Ya está limpio el acueducto de Chuquisuso», diciendo iban de Huarochirí y de todos los pueblos a ver la acequia. Del mismo modo, aún ahora, cuando han concluido de limpiar la acequia, todo cuanto presienten que deben hacer, hacen, adoran (a la acequia). Los alcaldes y otra clase de personas no los atajan de hacer estas costumbres; no les dicen: «Sin razón alguna adoran». Siguen festejando la limpieza de la acequia porque los vence el deseo de cantar y beber con los demás, hasta embriagarse. «He limpiado la acequia, sólo por eso voy a beber, voy a cantar», dicen, mienten al padre.

Y esto, de hacer, lo hacen los hombres de todas partes. Pero algunos, cuando tienen un buen sacerdote, lo olvidan; y otros, adoran y beben a escondidas. Y así, de este modo, viven hasta hoy.

Anexo 4

Felipe Guaman Poma de Ayala

1993 [1607?] El primer nueva corónica y buen gobierno. Edición y prólogo de Franklin Pease G. Y. Vocabulario y traducciones de Jan Szeminszke. 3 tomos. México, Fondo de Cultura Económica.

fol. 54 Uari Runa/ Desde la segunda edad de yndios llamado Uari Runa, desendiente de Noé, su multiplico de Uari Uari Cocha Runa que duraron y multiplicaron estos dichos yndios mil y treientos y doze años: Comensaron a trauajar, hizieron chacras, andenes y sacaron asecyas de agua de los rrios y lagunas y de posos y acá lo llaman pata [andén], chacra [sementera], larca [acequia], yacoy [mi agua].

Y no tenían casas, cino edeficaron unas cacitas que parece horno que ellos les llaman pucullo.

Y no sauian hazer rropa, cino que se bestían de cueros de animales souado y se uestía de ello...

fol. 803 / Justicia Indios/ Alguazil mayor y menor deste rreyno, justicia de su Magestad:

A de tener brío en su oficio, que no pase demás de la ley. Cada uno juntos beitarán todas las dichas chacaras [sementera] de cada seys meses, que sea dos uestes en el año, tienpo de arar y senbrar a los dichos yndios o yndias que no la estiercolare y bien linpiare y derriuare sus montes y aderensare sus andenes que ellos llaman pata, rregar, parcurca [regará]. Ací sementera de mays y papas, ocas, ulluco, masua [tubérculos], quinua [semilla de altura], frixoles puruto, hauas, aruenja, garuansos y de otras comidas y legumbres y frutas.

Y no acudiendo, será castigados, aci chicos como grandes, para que tengan todos de comer en las dichas chacaras y ayuden a los dichos rregidores a hazer limpiar las dichas asecyas y lagunas estancias de los pueblos y chacaras y las calles de manera que tengan todo linpio.

Y ci no lo haciendo, por la primera, le den cinqüenta asotes; por la segunda, cien asotes y tresquilados por peresosos a ellos y a sus mandoncillos de cada ayllu [parcialidad]. A los dichos alguaziles le den y paguen su salario dies mascorcas de un cotmo de medio topo [medida agraria]; ueynte masorcas de un topo, un almud, acimismo de las papas: de un topo, un almud; de medio topo, medio almud; de un cotmo, uchabo. Todo el pueblo y su uilla, aldea, aunque sea cacique principal, le pague.

Y a de pareser y hazer trauajar y estiercolar las sementeras de la comunidad y sapci, de la yglecia, de cofrade, del hospital. No las lleue pero a de pareser y castigar a los

yndios, yndias, muchachos y muchachas que lo mire desde que se senbró hasta que acause. Y que ponga su parian [gorrión], sorra y casgabel como en tiempo del Ynga. Con ello uecite para que sea conocido y haga justicia.

Y ci no acudiere con todo lo dicho, los alguaziles mayor, menor sea castigado en el rollo beynte asotes en la rrecidencia y pene dos pesos a cada uno de ellos en este rreyno. Y partan todos ellos sus salario rrata por cantidad entre ellos en todo este rreyno, seruicio de Dios y de su Magestad y bien de los pobres yndios..

fol. 944 / Conzederación/ [Por esta] rrazón le fue rrezeruado del diesmo a los yndios, auiéndolo sustentado y seruido tanto. En nengun cristiandad del mundo no a seruido tanto como deste rreyno a la santa madre yglecia de Roma. Y aués de conzederar esto destos yndios pobres y de sus trauajos.

Conzederar que en un pueblo tienen sacado unas asecyas de los rríos o posos, de las lagunas o de estanques. En tiempo antigo lo sacaron con tanto trauajo que ci auía de pagar y gastar se gastaria dies o doze mil pesos o ueynete mil pesos. Que antes que fuese Ynga, como auía tanta suma de yndios y no tenía más que un rrey y señor, lo abrieron y lo sacaron las asecyas y todas las sementeras, andenes que ellos les llama pata [andén], chacra [sementera], lacra [acequia]. Y lo sacaron con mayor facilidad del mundo a mano cin herramienta; que parese que cada yndio alsaua una piedra. Aquello bastaua de la tanta suma de gente que auía.

Y acá en todo el rreyno todas las tierras era de pan, lleuar sementeras aunque fuese en los yungas [zona cálida], arrenales o en la cierra peruersa deste rreyno. Las puentes y rríos, asecyas, lagunas, estanques y ciénegas que fueron sacadas por mandado de los primeros rreys y señor de los rreynos y después mandó los señores rreys Yngas guardar el costumbre y ley de que no meneasen todas las dichas secyas, agua de rregar. Las dichas sementeras hasta los pastos de ganados rregauan en los altos y quebradas, sauiendo que no auían de poder aquella que tanta gente la edeficaron.

Y acá puso una pena cin apelación sentencia que ninguna persona lo defeñe ni menee ninguna piedra y que ningún ganado entre en las dichas asecyas. Y se guardaron esta ley y hordenansa para el seruicio de Dios y de su Magestad y bien de la rrepública deste rreyno. Uista esta tan santa horden y ley, mandó el señor don Francisco de Toledo guarda y confirmó su Magestad.

Y acá no se a guardado esta ley. Y acá se pierde su quinto rreal su Magestad y pierde la santa madre yglecia el diesmo

que le deue. Y acá en este tiempo los españoles sueltan sus bestias y rreguas de mula o ganados y pasen las cabras, obejas y hazen grandes daños. Y se sacan las dichas aguas y se quiebran las asecyas que no se pueden aderessar con nengún dinero. Y la poca agua sólo quitan a los yndios pobres. y acá se ausentan los yndios de sus pueblos.

Y para esto en cada pueblo a de auer un juez de asecyas que llama cillquiua que rreparta agua y que castigue y pene y eche los ganados de las dichas asecyas y sementeras. Cin rremición sea castigado. Con ello será [seruido Dios y su magestad y bien de las comunidades y bien de los pobres yndios deste rreyno.]

Anexo 5

Bernabé Cobo

1964 [1653] Historia del nuevo mundo. Madrid, Biblioteca de Autores Españoles. Tomo XCI.

Capítulo VIII.- Del Conocimiento y uso que tenía de la agricultura

El arte de la agricultura consiste en labrar y sembrar la tierra y criar toda suerte de plantas con observancia de tiempos, de lugares y de cosas. Désta alcanzaron estos indios peruanos más que de ninguna otra de las necesarias al hombre; porque las semillas y legumbres que tenían sembraban y beneficiaban con tan buen orden y acierto en buscar tierras acomodadas a la calidad de cada especie dellas y en cultivarlas y darles sus riegos a los tiempos convenientes, que no ha pasado en esto lo que en los otros oficios suyos, y es, que con nuestra comunicación los han mejorado muchos, aprendiendo de nosotros lo que les faltaba para tener la debida perfección. Porque, en lo esencial de la agricultura, no han tomado ni mudado nada de lo que ellos usaban más de algunos de nuestros instrumentos, con que se les ha disminuido el trabajo que antes tenían: como el uso de arar con bueyes, y hacer ahora con herramientas de hierro mucho de lo que solían hacer con palos y piedras y otros instrumentos de cobre. En suma, ellos eran tan excelentes labradores de sus legumbres y plantas y con la larga experiencia habían alcanzado tanta inteligencia de la agricultura, que nosotros hemos aprendido dellos todo el modo de sembrar y beneficiar sus semillas, y mucho para el buen beneficio de las nuestras; como es la manera de guanear o estercolar los sembrados en algunas partes, que es muy particular y diferente de como se hace en España, y otros semejantes usos.

Debiólos sin duda de hacer tan diestro y aventajados en esta arte la afición con que la ejercitaban, que es tan ex-

traordinaria, que no hay ninguno que no la prefiera a cualquiera otra ocupación, en tanto grado, que aun a los mismos oficiales de nuestros oficios, como plateros, pintores y los demás, no podemos persuadirles que no los interrumpan por acudir a sus sementeras, sino que en llegando el tiempo de hacerlas, dan de mano a cuanto hay por acudir a sus chacaras; y es cosa que admira y con que yo he intentado desengañar a algunos, que por coger un poco de maíz con su propio trabajo, pierdan diez veces más de lo que vale su cosecha en el tiempo que, por acudir a la labranza, interrumpen sus oficios y dejan de ganar con ellos.

Buscando yo la causa de tan notable afición como tienen a la labor del campo, hallo que es el haber sus reyes los Incas de tal manera dispuesto y asentado este ministerio, que lo vinieron a tener por recreación y holgura; y esta es una de las cosas en que los Incas descubrieron su gran ingenio y prudencia, en saber disponer de tal modo un oficio de tanto trabajo y afán, que viniese a ser tenido por ejercicio de entretenimiento y regocijo; y en realidad de verdad por tal lo tienen todavía, particularmente en las provincias de la Sierra; pues casi se convidan y convocan los amigos y parcialidades y pueblos enteros a arar sus chacaras, y los convidados acuden con tanta voluntad y gusto como si los convidaran a bodas, sin llevar otra paga ni interés más que comer y beber a costa del dueño de la heredad; el cual, para estas juntas se previene de cantidad de chicha, que es el cebo que los lleva tan de grado, y continúan la labor todo el tiempo que dura con el mismo placer y alegría que la comenzaron, regocijándose con cantares a su usanza. Finalmente, la labor de las chacaras era una de las mayores recreaciones y fiestas que ellos tenían.

Procuraban siempre, en cuanto la disposición de la tierra daba lugar, que sus sementeras fuesen de regadío, no sólo donde se carecía de agua del cielo, sino también donde había temporal suficiente; y para esto hacían dos cosas de sumo trabajo y no poca industria: la primera, que allanaban las tierras agrias y dobladas que cultivaban, para que estando llanas, se pudiesen regar, arar y cultivar más cómodamente, y también porque desta manera aprovechaban muchas tierras que sin esta traza fueran del todo estériles y sin provecho. Allanábanlas haciendo en las laderas andenes, que ellos llaman pata, levantado a trechos paredes de piedra que tuviesen la tierra, y poníanla igual y pareja a nivel de una pared a otra; y eran estos andenes más o menos anchos, según la cuesta era más o menos empinada.

En las laderas muy echadas y de poca cuesta, vemos andenes muy capaces de a cincuenta, a ciento, a doscientos, y más pies de ancho; y en las muy agrias, tan estre-

chos y angostos, que parecen escalones, pues algunos no tienen más que tres o cuatro pies de ancho. Estas paredes que hacían de trecho a trecho, eran las más altas de uno a dos estados, y de ahí para abajo, como lo pedía la disposición del lugar, y todas ellas de piedra seca, en algunas tan bien labradas y con tanto primor y curiosidad, que sin ser las piedras cuadradas, estaban tan ajustadas unas con otras, como las de sus más curiosos edificios; como son muchos de los andenes que todavía permanecen en la comarca del Cuzco. Mediante esta obra y traza, sembraban estos indios todos los cerros hasta los muy altos y empinados, que sin ella no se pudieran cultivar por su aspereza; los cuales vemos hoy que de alto o abajo parecen desde lejos estar llenos de gradas.

Aprovechaban el agua de los ríos, regando con ella todas las tierras adonde alcanzaba, y esta obra de sus acequias era de las más grandiosas y admirables que tenían; porque estaban tan bien sacadas y con tanto orden, que admira el considerar cómo, careciendo de nuestras herramientas, las podían abrir y edificar; porque en las tomas de los ríos hacían muy fuertes reparos contra sus crecientes y avenidas; llevábanlas por muchas leguas sacadas a nivel y algunas muy caudalosas; y no sólo las encaminaban por tierra llana, sino también por laderas y cerros altos y fragosos, y lo que es más, por riscos, y peñascos y lajas muy empinadas y derechas; por los cuales lugares las abrían y sacaban con notable trabajo y artificio, cavando por gran trecho la peña viva, cuando no había otra parte por donde guiarlas; y adonde ni aun para esto había disposición, como cuando era forzoso echarlas por alguna laja o peña tajada, sacaban desde abajo por muchos estados una pared de piedra seca arrimada a las dichas lajas, o desviada, cuando era forzoso salvar alguna quebrada, y por encima dellas conducían el agua. Donde era menester hacían estas acequias con las paredes de piedra seca, y donde no, cavadas solamente en la tierra. Llevábanlas por lugares tan fragosos y difíciles, porque no sólo regaban la tierra llana, sino también la doblada, mediante los andenes de las laderas, sin dejar perder palmo de tierra.

Los instrumentos de sus labranzas eran pocos, y esos de palo o cobre y de ningún artificio. El arado o azada era un instrumento llamado tacla, de un palo tan grueso como la muñeca y largo poco más de dos codos, a manera de zanco. Por donde lo asían estaba torcido como cayado, y en la punta ataban otro palo de cuatro dedos de ancho y uno de canto de otra madera más recia; y como un palmo antes del remate della tenían asido un gancho del largor de un jeme, donde hacían fuerza con el pie izquierdo. Porque el modo como rompían y araban la tierra con estas taclas, era levantando la parte alta dellas hasta el hombro derecho y la punta dos o tres palmos de la tierra, y para que hiciesen en ella el golpe con fuerza y entrase mucho,

las impedían y apretaban con toda la fuerza de los brazos y del pie izquierdo, que cargaban sobre el dicho gancho.

Fuera desta suerte de arados tenían otro instrumento de un palo corvo, que hacía forma de hazuela de carpintero o de almocafre, con que quebrantaban los terrones, escardaban y mullían la tierra; y estos dos instrumentos eran los principales con que labraban los campos. Para escardar los sembrados y hacer los hoyos en que enterraban al maíz al sembrarlo, usaban de lampas, que los mexicanos llaman coas, y es un instrumento como azada, salvo que el hierro era de cobre, y no corvo, sino llano como pala corta de horno; y el día de hoy usan mucho los españoles destas lampas hechas de hierro, en sus labranzas, particularmente para desherbar las huertas y viñas, que en esta tierra llaman cuspar.

Las sogas que les servían en este ministerio eran comúnmente de lana en la Sierra, y donde se carecía de lana, las hacían de cabuya, que es su cáñamo. Hacen sus barbechos al fin de las lluvias, y donde no llueve, algunos meses antes de sembrar; y a su tiempo escardan sus sembrados limpiándolos de la mala yerba; y cuando ya el maíz está a medio crecer, le escaban en el pie y arriman y amantonan tierras. Lo que más trabajo les costaba era el arar, y a esto acudían con más gusto, porque siempre araban en tropas de mucho número de gente, hombres y mujeres juntos, por esta forma: los varones solos araban puestos en hileras, y delante dellos estaban las mujeres en otra hilera contrapuestas a los hombres; y en arrancando ellos con sus tacillas los céspedes de tierra, ellas los trastornaban y con aquellos sus almocafes de palo los quebrantaban y deshacían. Por la mayor parte sembraban en camellones, que hacían con gran concierto y muy grandes algunos. Tienen sus cantares alegres acomodados para cuando aran, los cuales cantan todos a una entonando uno y siguiéndole los demás; y llevan su compás tan puntual, que el golpe que dan en la tierra con las tacillas no discrepa un punto del compás de su canto; y así como en éste van todos a una, lo van también en levantar las tacillas y herir con ellas a la tierra; que cierto es de gran gusto verlos arar a su usanza, como yo los he visto tantas veces; porque sus cantares son agradables y suelen oírse a más de media legua de distancia

Anexo 6

O.F. Cook

1916 «Staircase Farms of the Ancient», National Geographic Magazine 29:474-534.

p.474. -...El sistema de agricultura que fue desarrollado por los antiguos peruanos les permitió sostener grandes

poblaciones en lugares que los agricultores modernos no sabrían utilizar... El desarrollo más especializado de la agricultura en el hemisferio occidental fue alcanzado, sin ninguna duda, en el Perú, y culminó hace siglos, antes que Colón descubriera América.

...Los Incas tuvieron una agricultura muy especializada, pero sus antecesores desarrollaron aún mejor el arte agrícola. Construyeron terrazas mayores y las contuvieron con piedras más grandes, unidas con gran precisión. Los Incas también construyeron extensamente, pero generalmente con menos habilidad, o por lo menos con menos mano de obra, asentando las piedras en barro y revistiendo las paredes con arcilla...

p.475. - [Luego de pasar por dos etapas preliminares de cultivo] ...Una tercera etapa agrícola es mejorar el cultivo, con o sin el uso de fertilizantes, por medio de la irrigación - la aplicación artificial del agua al suelo. El riego debe haberse empezado en regiones donde era fácil reorientar los arroyos para suplir la precipitación natural como en los valles de fuerte pendiente en la sierra del Perú.

Sin duda, todas las formas precedentes de la agricultura existieron en el Perú en épocas antiguas, como lo son en el presente; pero deben haber tenido relativamente poca importancia a comparación de un tipo aún mas avanzado - un tipo totalmente desconocido por el agricultor norteamericano y prácticamente nunca visto en los Estados Unidos, a no ser excepcionalmente en jardines ornamentales. Este muy especializado tipo de agricultura incluye todas las características precedentes -arado, fertilización e irrigación-; pero se agrega otra -la construcción artificial del suelo de cultivo. En los valles donde estuvo centrada la antigua agricultura peruana, la mayor parte de las tierras agrícolas no son suelos naturales, sino que han sido ensamblados y colocados artificialmente.

La maravillosa agricultura en terrazas

Este tipo especializado se puede describir como agricultura en terrazas, y su forma más conspicua es la construcción de terrazas angostas en laderas de fuerte pendiente... En el Perú la reconstrucción artificial de la superficie del suelo no se limitó a las laderas aterrazadas, sino que se emprendió también en grandes áreas recuperadas en el fondo de los valles. El curso de los ríos fue angostado y enderezado por medio de fuertes paredes, y luego se rellenó el terreno detrás de los muros, y se le cubrió con una capa de fino suelo agrícola.

...Nuestros logros [de irrigación en el oeste norte americano] son insignificantes frente a los logros de esta raza «desaparecida».

El fondo angosto de los valles y las paredes de fuerte pendiente, que parecerían sin ningún valor ni posibilidad para nuestros ingenieros, fueron transformados, literalmente reconstituidos, a tierras fértiles, para dar cabida a grandes poblaciones en la época prehistórica. Que ese trabajo fuera bien hecho no puede dudarse, porque miles de hectáreas de estas tierras todavía son fértiles y son el principal sustento de la moderna población de los valles. La población nativa toma las asombrosas obras de los antiguos como cosa natural, así como nosotros aceptamos las características naturales que nos rodean; y no está más dispuesta que nosotros a volver a realizar empresas tan imposibles como las realizadas por sus antepasados.

La estructura de las terrazas

...Cada terraza consiste de tres partes - la pared y dos capas de tierra. Todas las terrazas en ruinas tienen la misma estructura interna que se observa cuando se retira el muro de contención. Los estratos detrás de los muros son tan artificiales como las estructuras de contención.

El estrato inferior o subsuelo artificial se compone de piedras toscas y arcilla, y está cubierta por una capa arable de dos o tres pies de grosor. El espesor de la capa inferior depende, por supuesto, de la altura de la terraza...

La altura de las terrazas es generalmente de ocho a catorce pies, siendo que el ancho de la terraza depende del grado de la pendiente. Los andenes en laderas de fuerte pendiente tienen a veces solamente tres o cuatro pies de ancho. No es infrecuente la andenería que consta de veinte o treinta andenes seguidos, y existe también andenería de cincuenta o más andenes...

La irrigación de las terrazas

El agua era llevada a los andenes desde las laderas de altura en canales artificiales que podían tener muchas millas de largo, desde las quebradas de altura, donde interceptaban arroyos perennes alimentados por los deshielos de los glaciales...

Algunas terrazas tienen angostos canales verticales a los extremos de los muros de contención. En otros casos, el agua caía de piedras elevadas y era recibida en piedras ahuecadas en la zona baja.

El tercer método era llevar el agua encima de las paredes laterales de las terrazas, que tenían doble hilera de piedras que formaban el canal hidráulico.

(Traducción de María A. Benavides)

Balance de las investigaciones sobre andenes en el Perú

(Evaluation of agricultural terracing research in Peru)

RESUMEN

Los peruanos de la época prehispánica eran conscientes de las limitaciones de su medio, con escasa disponibilidad de agua y suelo para el desarrollo de la actividad agrícola. Sin embargo, en vez de amilanarse, superaron con ingenio esta situación, desarrollando diversas tecnologías de aprovechamiento, manejo y conservación de estos recursos escasos, fundamentales para su supervivencia. Una de estas tecnologías que aún se conserva y se usa por las poblaciones tradicionales es la de los andenes. Gran parte de las investigaciones sobre andenes han sido realizadas por científicos sociales y son relativamente pocos los investigadores en ciencias naturales que se han interesado seriamente sobre el tema, a pesar de contar en muchos casos con mejores herramientas metodológicas y criterios científicos para interpretar el funcionamiento de dichas tecnologías. Es en relación con estos aportes que versará el presente artículo, sin pretender abarcar todas las investigaciones efectuadas sobre esta tecnología de manejo y conservación de recursos hídricos y edáficos que los antiguos peruanos desarrollaron.

ABSTRACT

Peruvians of the pre-Hispanic period were aware of the limitations of their environment, especially regarding the scarce availability of water and soil for the pursuit of agriculture. However, far from losing courage, they overcame these difficulties ingeniously, developing technologies of management and conservation for survival; one of these was terracing, which is still in use at present. Most of the research on agricultural terracing has been done from the view point of the social sciences, and little has been done within the natural sciences or by engineers, although the latter disciplines handle better methodological tools and scientific criteria to interpret the functions of traditional technologies. This article reports on scientific studies of hydraulic and edaphic management and conservation practiced by early inhabitants of the region.

¹ Instituto de Promoción para la Gestión del Agua (IPROGA), Lima, Perú, carmenfm@terra.com.pe

Antecedentes

Son numerosos los investigadores, sobre todo de las ciencias sociales, que han efectuado estudios sobre las terrazas agrícolas, conocidas corrientemente como andenes. Cabe señalar sin embargo, que los andenes constituyen un tipo de terraza, llamada "terrazza de banco con muro de piedra". En el mundo, y en particular en el Perú, existen otras diversas modalidades de terrazas. Este tema será retomado más adelante.

Entre los investigadores contemporáneos dedicados a este tema cabe citar a los siguientes : Valcárcel (1965), Regal (1970), Murra (1975), Kauffman (1976), Eckhlom (1976), Gamarra y Maldonado (1978), Donkin (1979), Denevan (1979), Mayer y Fonseca (1979), Dollfus (1981), Camino (1982), Guillet (1981), Masson (1982), Earls (1989), Treacy (1994).

Los andenes en el Perú precolombino cumplieron diversas funciones: una de ellas fue la conservación del agua y del suelo, evitando o disminuyendo la erosión hídrica del suelo, al modificarse con estas estructuras la pendiente original del terreno. Otra función no menos importante fue la de crear condiciones microclimáticas favorables al cultivo, disminuyendo los riesgos de heladas. Según Earls (1989), los andenes constituyeron áreas importantes de experimentación agrícola, lo que permitió la aclimatación y domesticación de diversas especies vegetales.

Extensión de andenes en el Perú

A pesar de la importancia que tienen estas estructuras de manejo y conservación del agua y del suelo para la actividad agrícola en la Región Andina, no se conoce cabalmente su extensión real. Masson (1982) estima que la extensión andenada en el Perú estaría bordeando el millón de hectáreas. En este estimado sin embargo se estaría incluyendo todo tipo de terrazas agrícolas, no sólo los andenes.

El organismo oficial para efectuar el inventario nacional de andenes fue la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), hoy Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). Esta labor iniciada en 1987, y a la fecha aún no concluida, ha determinado que en 10 departamentos de los 17 que conforman la región de la sierra, el área andenada es de 324,205 ha. El 40 % de dichos andenes se encuentra en estado semiderruido, y el 50 % aproximadamente en estado derruido.

Cabe señalar que este inventario es una primera aproximación a nivel nacional. Un inventario más detallado puede elevar significativamente esta cifra. Así por ejem-

plo, en el departamento de Puno, la ONERN determinó que existían 16,770 ha de andenes; sin embargo, Díaz y Velásquez (1992) determinaron para el mismo departamento una extensión de 122,882 ha de andenes.

A nivel de cuencas hidrográficas existen inventarios más detallados: Para la cuenca del río Rímac, Masson (1983) y Cotler (1986b) han determinado una extensión de 10,533 ha de andenes, ubicándose la mayor extensión de ellos en la subcuenca del río Santa Eulalia (6,382 ha). De esta extensión sólo el 37 % está en uso y un 22 % se puede rehabilitar a un costo razonable.

En la cuenca del río Lurín, Chamochumbi (1987) determinó una extensión de 1,576 ha de andenes de los cuales, a diferencia de la cuenca del río Rímac, se usa actualmente el 84 % .

Tipología y caracterización

Existe una gran diversidad de denominaciones usadas para los andenes, según su diseño, su función, su ubicación geográfica, su estado de conservación, etc. Ello ha traído consigo varios sistemas de clasificación, tal como el de CEPAL (1989) que efectuó una sistematización de andenes estableciendo 18 tipos (cuadro 1).

Rehabilitación y uso

Desde la década del 80 se inició en el Perú una gran actividad de rehabilitación de andenes, tanto de parte de organismos no gubernamentales (ONGs) como de instituciones del Estado, siendo el Ministerio de Agricultura, a través del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y de Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), el que ha efectuado el mayor trabajo de reconstrucción. Se estima así que a la fecha la extensión de andenes rehabilitados es de aproximadamente 4,000 ha. Esta superficie, sin embargo, representa apenas el 1,2% del total de andenes inventariados (Felipe-Morales, 1996).

Son pocas las investigaciones efectuadas sobre las modalidades de la rehabilitación, así como los resultados logrados en la conservación del agua y del suelo y su efecto en el rendimiento de los cultivos después de la rehabilitación. Al respecto, cabe citar las observaciones críticas efectuadas por Coolman (1985b) en la rehabilitación de andenes efectuada por el Sub-Proyecto Especial CIPA XV/REGION AGRARIA XXI/CORPUNO/ONA titulado : "Recuperación y desarrollo de Andenes y terrazas en Puno", como parte

Cuadro 1. Clasificación de andenes en el Perú

Criterio de clasificación	Tipos de andenes
Según su ubicación geográfica	(1) De quebradas (2) De laderas (3) De fondo de valle
Según el manejo del agua	(4) De secano (5) De riego
Según el origen del suelo	(6) Con suelo «in situ» (7) Con suelo transportado
Según su diseño o arquitectura	(8) Refinados (9) Rústicos
Según su función	(10) Agrícolas (11) Militares (12) Religiosos
Según su estado de conservación	(13) Bien conservados (14) Medianamente conservados (15) Derruidos
Según su uso actual	(16) Con uso permanente (17) Con uso temporal (18) Sin uso

Fuente: CEPAL (1989)

del Plan de Emergencia por la sequía que azotó a dicho departamento. La falta de criterios técnicos y la escasa participación de la población en la planificación del trabajo tuvo como consecuencia fallas en la rehabilitación, lo que significa un descrédito para los programas de este tipo.

Chilón (1988) evaluó tres modalidades en la rehabilitación de andenes efectuadas en la Comunidad de San Pedro de Casta (cuenca del río Rímac) por la asociación Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NCTL). Dichas modalidades fueron:

- (1) Levantamiento del muro de piedra a ras del suelo, manteniendo la plataforma del andén con su pendiente original.
- (2) Levantamiento del muro de piedra por encima de la superficie del suelo, dejando a la plataforma con su pendiente original.
- (3) Levantamiento del muro a ras de la superficie de la plataforma del andén, previamente nivelada.

Mediante la instalación de estacas graduadas en la plataforma del andén, se determinó el efecto en el control de la erosión del suelo de las tres modalidades de rehabilitación. Se pudo medir así que cuando se dejaba la plataforma del andén con su pendiente original, que en el caso de los andenes evaluados era de 39 % (la ladera sin andenar presentaba 65 % de pendiente), el arrastre del suelo era de 55 TM/año. De acuerdo con este valor, la formación de la terraza de banco propiamente dicha, mediante la nivelación natural de la plataforma del andén en las condiciones de la zona, demoraría entre 6 a 8 años.

El mismo autor obtuvo en forma experimental un rendimiento de 15 Tm/ha de papa en andenes rehabilitados, sin ninguna aplicación de insumos externos (ni fertilizantes ni pesticidas). Este valor duplica el promedio de la zona, cuando se cultiva solo en laderas, sin prácticas de conservación del agua y del suelo (Chilón, 1988).

Finalmente, el PNCSACH (1988) determinó en 1984 un incremento notable en el rendimiento de las cosechas cuando se cultivaba en andenes rehabilitados en relación con el suelo original de la ladera. Estos incrementos fueron de 242 % para el cultivo de papa, y 154% para el cultivo de trigo, 157 % para el de cebolla y 300% para el cultivo de rabanitos.

Conclusiones

1. En el Perú aún subsisten tecnologías prehispánicas de manejo del agua y del suelo que han demostrado ser muy eficientes en la conservación de estos recursos y, por ende, en el incremento de la producción agrícola. Entre ellas cabe destacar, por su extensión e importancia, los andenes.
2. Si bien existen numerosas investigaciones sobre andenes, estas han sido conducidas mayormente por científicos sociales, que abordan aspectos históricos, antropológicos y sociales, y son principalmente de carácter descriptivo. En cambio, son relativamente escasas las investigaciones con carácter cuantitativo efectuadas por científicos de las ciencias naturales e ingenieros.
3. El inventario de andenes a nivel nacional, iniciado por la ONERN y continuado por INRENA, ha determinado una extensión aproximada de 324,205 ha para 10 de los 17 departamentos que conforman la sierra. Inventarios más detallados efectuados a nivel de algunos de los departamentos o de las cuencas hidrográficas arrojan cifras mayores. Lo recomendable sería completar estos inventarios y detallarlos más, a fin de conocer con más precisión la extensión real y el potencial de andenes que tiene el país.
4. Antes de continuar con los trabajos masivos de rehabilitación de andenes, deberían tomarse en cuenta las condiciones que asegurarán el uso y mantenimiento de estas tecnologías por parte de los agricultores.
5. Si bien se ha demostrado que desde el punto de vista de la conservación del agua y del suelo así como de la producción agrícola los andenes son altamente eficientes, es necesario que su uso sostenido sea favorecido por políticas económicas de incentivos a la producción agrícola obtenida con el uso de dichas tecnologías.
6. Existe aún un amplio campo para la investigación en tecnologías nativas de manejo y conservación de suelos en el Perú, el cual debería ser abordado por equipos interdisciplinarios de investigadores.

¿Es la recuperación de andenes una vía sustentable para el desarrollo rural?

(Could agricultural terraces recovery become a sustainable way for rural development?)

RESUMEN

Estudios sobre sostenibilidad ambiental y desarrollo agrícola han mostrado que la escasez de tierras de cultivo en la zona andina y la presión poblacional han llevado a la agudización de la pobreza rural y a un uso ineficiente de los recursos. En estas zonas, la posibilidad de cultivar en andenes constituye un medio históricamente utilizado de habilitación de tierras de cultivo en terrenos con pendiente, con lo cual se logra una imprescindible ampliación de la frontera agrícola. Asimismo, el cultivo en andenes es una técnica eficaz para el manejo del agua y para evitar la erosión de los suelos, que es un serio problema agrícola. Existen, en consecuencia, importantes razones para explorar la posibilidad de que la recuperación de andenes se constituya en una estrategia para el desarrollo rural, teniendo en cuenta sus aspectos económicos y ambientales bajo las restricciones institucionales existentes. Entre los objetivos específicos se encuentran: completar el análisis del inventario de andenes de ONERN (hoy INRENA) en el Perú; desarrollar el estudio de los marcos institucionales existentes y su relación con la puesta en funcionamiento de los andenes recuperados; y analizar el nuevo contexto macroeconómico y las nuevas políticas sectoriales para responder a la pregunta ¿es posible la recuperación de andenes en una economía liberalizada?

ABSTRACT

According to studies regarding sustainable environmental and agricultural development, scarcity of tillable land in the Andean region, together with population pressure, have led to inefficient use of natural resources and rural poverty in these areas. Historically, along the Andes, the option of terraced hillsides allows increase of agricultural land, permits efficient water management and avoids soil erosion. Thus, there are important reasons to explore how agricultural Andean terrace recovery practices could become a valid strategy for rural development, having in mind its economic and environmental aspects, under the present institutional limitations. Among the specific objectives of this evaluation are: to finish the analysis of terrace inventory data beginning years ago by ONERN (today INRENA); to carry out a study on the national and international institutional framework and its relation with possible land Andean terraces productive use and maintenance; and to analyze the new macroeconomic local context and the global trends and try to answer the question: It is possible to recover agricultural Andean terraces within a liberal economy?

¹ Facultad de Economía, Pontificia Universidad Católica del Perú, (PUCP), Lima, Perú egonzal@pucp.edu.pe

² Instituto de Estudios Peruanos (IEP), Lima, Perú, trivelli@iep.org.pe

Introducción

La mitad de las más de 200 mil hectáreas de andenes existentes en ocho departamentos del Perú están sin uso. Según el Inventario Nacional de Andenes elaborado por el INRENA (1996), existen 256,945 hectáreas de andenes que se distribuyen en ocho departamentos de la siguiente manera: Lima: 30.9%, Arequipa: 18.8%, Puno: 18.2%, Cusco: 9.2%, Apurímac: 8.8%, Moquegua: 7.6%, Tacna: 5.2% e Ica: 1.3%. Los estimados del Censo Agropecuario de 1994 del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) subestiman el número de hectáreas de andenes al señalar que a escala nacional estas solo ascienden a 5,182. Por otro lado, Masson (1986b) parece sobreestimar la cantidad de andenes al afirmar que en el Perú existen aproximadamente un millón de hectáreas de andenes en diverso estado de conservación y utilización. Se estima que de esta superficie solo se utiliza un máximo de 25%. Esta cifra abultada se debe al hecho de que el autor incluye los "andenes populares" o terrazas de tierra en su contabilidad.

Hemos creído conveniente tomar los estimados del INRENA (1996), pues han sido realizados con una metodología adecuada y con los medios apropiados: INRENA efectuó un inventario preliminar y, a partir de esta base, realizó una exhaustiva verificación de campo, lo que no se había hecho antes. De acuerdo con el estado de conservación y uso de los andenes, este organismo propone la tipología observada en el cuadro 1.

Ubicación y superficie de los andenes en el Perú

La ubicación departamental de los andenes y las terrazas se observa en el cuadro 2. El departamento que tiene los andenes mejor conservados (A1) es Moquegua, y los

departamentos que albergan los andenes en peor estado (C3) son Lima y Arequipa.

El cuadro 3 muestra la superficie de andenes de acuerdo con el uso que les dan los agricultores. Apreciamos que el 17.5% tiene uso permanente, el 66.7%, uso temporal, y el 15.8% se encuentra abandonado.

Los departamentos que en proporción les dan mayor uso a los andenes son Tacna y Moquegua, con el 60.8% y el 48.8%, respectivamente.

Andenes en el departamento de Lima

Del total de andenes del departamento de Lima, solo el 10.1% tiene uso permanente, el 72.6%, uso temporal, y el 17.3% carece de uso agrícola. La distribución de los andenes por provincias es la siguiente: Yauyos: 29.2%, Huarochirí: 22.8%, Oyón: 12.8%, Huaral: 11.4%, Canta: 8.4%, Cajatambo: 8% y Chancay: 7.4%. Los andenes también se pueden distribuir por cuencas. El cuadro 4 muestra que la mayoría se encuentra en las cuencas de los ríos Cañete, Huaura y Rímac.

Andenes en el departamento del Cusco

El departamento del Cusco tiene el 5.5% de andenes bien conservados, el 31.6%, medianamente conservados, y el 62.5%, derruidos. Del total de andenes, el 22.6% tiene uso permanente, el 72%, uso temporal, y el 5.4% carece de uso agrícola. La superficie de andenes por provincias es la siguiente: Acomayo: 15.1%, Anta: 2.2%, Calca: 10.4%, Canas: 2.1%, Quispicanchis: 21.9%, Canchis: 21.1%, Chumbivilcas: 4%, Cusco: 7%, La Convención: 0.3%, Paruro: 5.6%, Paucartambo: 1.4%, Urubamba: 8.5%. La distribución de la superficie de andenes por cuencas es la siguiente: río Apurímac: 17.8%, río Urubamba-Vilcanota: 78.2%, río Inambari: 4%.

Cuadro 1. Estado de conservación de los andenes

		Hectáreas	Porcentajes
A1	Bien conservados con uso permanente	13,565	5.3%
A2	Bien conservados con uso temporal	11,025	4.3%
B1	Moderadamente conservados con uso permanente	31,025	12.1%
B2	Moderadamente conservados con uso temporal	76,160	29.6%
B3	Moderadamente conservados sin uso agrícola	105	0.0%
C1	Derruidos con uso permanente	400	0.2%
C2	Derruidos con uso temporal	84,305	32.8%
C3	Derruidos sin uso agrícola	40,360	15.7%
	Total de andenes inventariados	256,945	100.0 %

Fuente: INRENA (1996)

De lo anterior, resulta claro que, al margen de los problemas que presentan las estimaciones de la superficie total con andenería, una proporción importante de esta se encuentra abandonada. Diversos estudios (Masson, 1986; Denevan, 1987; CEPAL, 1989; Treacy, 1994c; INRENA, 1996) calculan que más del 50% de los andenes existentes se encuentran en situación de abandono y en muchos casos, a causa de ello, en proceso de destrucción.

Los problemas que analizamos en este trabajo son los siguientes: qué razones explican la gran cantidad de an-

denes abandonados y qué posibilidades reales existen de que estos se recuperen para distintos fines y a través de distintas vías. Partimos de la constatación de que existe una importante cantidad de andenes o transformaciones del paisaje que implicaron importantes inversiones de trabajo, capital y conocimiento que actualmente no son utilizados. Los andenes abandonados se encuentran en zonas donde el nivel de desarrollo es inadecuado, en localidades caracterizadas por la pobreza, la falta de infraestructura productiva, la ausencia de inversiones (públicas y privadas) y serios problemas de alimentación.

Cuadro 2. Superficie de andenes de acuerdo con el estado de conservación y uso¹

Tipo de andén	A1	A2	B1	B2	B3	C1	C2	C3	Total	%
Arequipa	3,260	6,775	10,195	11,855	-	-	6,120	10,140	48,345	18.8
Apurímac	-	-	25	6,260	-	-	15,430	905	22,620	8.8
Cusco	875	430	4,395	2,990	105	90	13,610	1,180	23,675	9.2
Ica	-	-	160	915	-	310	960	1,000	3,345	1.3
Lima	3,055	945	4,950	28,315	-	-	28,405	13,710	79,380	30.9
Moquegua	4,960	450	4,500	2,830	-	-	910	5,735	19,385	7.6
Puno	-	2,425	-	20,895	-	-	17,715	5,685	46,720	18.2
Tacna	1,410	-	6,780	2,100	-	-	1,155	2,035	13,480	5.2
ha	13,560	11,025	31,005	76,160	105	400	84,305	40,390	256,950	
%	5.3	4.3	12.1	29.6	0.0	0.2	32.8	15.7	100.0	100.0

Fuente: INRENA (1996).

Cuadro 3. Superficie de andenes de acuerdo con su uso

	Andenes con uso permanente	Andenes con uso temporal	Andenes sin uso agrícola	Total
Arequipa	13,455	24,750	10,110	48,315
Apurímac	25	21,690	905	22,620
Cusco	5,360	17,030	1,285	23,675
Ica	470	1,875	1,000	3,345
Lima	8,025	57,665	13,710	79,400
Moquegua	9,465	4,190	5,735	19,390
Puno	0	41,035	5,685	46,720
Tacna	8,190	3,255	2,035	13,480
ha	44,990	171,490	40,465	256,945
%	17.5	66.7	15.8	100.0

Fuente: INRENA (1996)

¹ Como puede apreciarse al comparar el total de este cuadro con los totales de los demás cuadros y el total de hectáreas en andenería consignado en el texto, existe una pequeña diferencia de 5 ha, esta discrepancia se debe a que los datos parciales presentados por INRENA para este cuadro suman estas 5 ha de más. Al ser una discrepancia tan pequeña, hemos preferido no alterar ninguna de las cifras oficiales del INRENA y simplemente reconocer la existencia de tal discrepancia.

Cuadro 4: Distribución de los andenes por cuencas

Cuencas	Hectáreas	%
Río Cañete	18,530	23.3
Río Huaura	14,730	18.6
Río Rimac	14,675	18.5
Río Chancay	9,020	11.4
Río Mala	6,995	8.8
Río Chillón	6,665	8.4
Río Pativilca	6,400	8.1
Río Omas	1,070	1.3
Río Lurín	820	1.0
Río Supe	500	0.6
Total	79,400	100.0

Fuente: INRENA (1996)

Para analizar las posibilidades de la eventual recuperación de los andenes, resulta imprescindible tomar en cuenta las razones que explican el abandono. Adicionalmente, es necesario incorporar la noción de sustentabilidad en la recuperación; es decir, no limitarnos a las posibilidades de rehabilitar andenes para que estén en capacidad de producir, sino también evaluar las condiciones necesarias para que no vuelvan a ser abandonados.

El abandono de los andenes

Diversos estudios han analizado las principales causas que explican el abandono de los andenes en el Perú. Profesionales de diversas disciplinas se han preocupado por analizar este proceso, enriqueciendo así el abanico de explicaciones. Muchas de las investigaciones sobre el abandono de los andenes han sido realizadas por arqueólogos e historiadores, quienes han situado el problema en una perspectiva de largo plazo (Denevan, 1987; Mujica, 1996; Treacy, 1994c; Treacy, y Denevan, 1986; Kendall, comunicación personal, 1997). El aporte de los antropólogos en la identificación de otros factores ha sido decisivo para ligar este proceso a los cambios ocurridos en la sociedad rural y en sus sistemas de organización (Mayer y Fonseca, 1988). Los profesionales de las ciencias naturales, por su parte, han establecido la importancia de los cambios climáticos y de la adaptación de procedimientos técnicos modernos en la alteración de las prácticas agropecuarias como una vía para entender el problema (Masson 1986; Felipe-Morales 1987; Tapia 1996; Proyecto PIDAE 1995). En años más recientes, los economistas han intentado ligar el abandono de los andenes a la rentabilidad en determinados segmentos de la producción agropecuaria (CEPAL, 1989).

Sin embargo, algunos aspectos del problema han sido tocados prácticamente por todos los investigadores. Es consensual la afirmación de que existe una estrecha relación entre el uso adecuado de los andenes y la disponibilidad de agua, el sistema de manejo y uso del agua de riego, los cambios demográficos y la disponibilidad de fuerza de trabajo, el acceso a los mercados de tecnología y de productos, y la transferencia generacional de conocimientos sobre manejo ambiental. Los cambios en cualquiera de estas condiciones afectan el empleo de los andenes de manera significativa.

Cada disciplina ha aportado lo suyo en el análisis de este abandono. Sin embargo, el conjunto de investigaciones refleja la complejidad del problema y la necesidad de que el análisis considere no solo los diversos aportes disciplinarios sino también el estudio de las características de cada zona. Denevan (1987) propone un listado de razones para explicar el abandono de los andenes en el valle del Colca (Arequipa). Si bien su propuesta puede ampliarse, como veremos luego, este investigador ha presentado uno de los trabajos más completos sobre el tema, estudio que constituye un punto de partida indispensable para nuestra investigación. Para él, existen dos grandes grupos de razones detrás del abandono de los andenes: por un lado, causas ligadas a cambios climáticos que, al parecer, han alterado las posibilidades reales de uso de determinadas obras de infraestructura y, por otro, aspectos socioeconómicos que han cambiado los patrones de uso de determinados recursos (agua, tierra, mano de obra). Es claro que este trabajo propone una perspectiva de largo plazo, partiendo de una situación distante, como la construcción de andenes por los incas, hasta llegar a la situación presente, de uso y abandono de estas construcciones por los campesinos del valle del Colca.

Según Denevan (1987) las razones ligadas a cambios climáticos o ambientales que subyacen al abandono de los andenes en el valle del Colca son la reducción de las lluvias, la ocurrencia de movimientos tectónicos que, al parecer, han alterado las conexiones de los canales y las terrazas, impidiendo la continua irrigación de ciertas zonas, alteraciones en los suelos y en la vegetación.

Los cambios de carácter socioeconómico para explicar el abandono son de dos tipos: alteraciones demográficas (desde las reducciones coloniales o cambios en patrones de asentamiento durante el incanato hasta el crecimiento de la población y la mayor presión por los recursos) y variaciones en los sistemas de organización de la producción, ya se trate de tipos de cultivos y animales, del patrón de organización social, de los sistemas sociales de manejo del agua, de irrigación y de organización del trabajo.

A estas causas se suma un conjunto de razones ligadas a la coyuntura; como los cambios en el modelo económico (apertura, liberalización), que afectan directamente a los mercados de productos, y en factores como la mayor movilidad de los recursos y el impacto de la migración campesina a las ciudades. En conjunto, estos factores explicarían, en gran medida, por qué existen tantos andenes abandonados. Sin embargo, como veremos más adelante, la importancia de cada uno de ellos varía significativamente de región a región.

En resumen, es importante reconocer que existen distintas dimensiones del problema del abandono y que este proceso es resultado de una combinación de factores. Asimismo, a partir del trabajo de Denevan, se deben distinguir razones estructurales, que pueden ser en su mayoría insalvables, de causas de corte más bien «coyuntural», que son resultado de procesos reversibles.

Objetivo del estudio

Partimos de la existencia de grandes extensiones de andenes abandonados, algunos de los cuales, desde el punto de vista técnico, podrían ser recuperados y puestos en producción mientras otros no. Nuestro interés se centra en aquellos que pueden ser recuperados con fines productivos o de manejo ambiental, es decir, los que se encuentran en situación de abandono o de semidestrucción a causa de procesos reversibles. Por ello, buscaremos identificar las limitaciones socioeconómicas que impiden la recuperación de andenes abandonados. Además, intentaremos precisar las condiciones bajo las cuales estos procesos limitantes podrían revertirse en el actual contexto nacional, prestando especial atención a los factores institucionales.

En teoría, es posible pensar en dos maneras de enlazar el uso y la recuperación de andenes con el desarrollo rural: una centrada en ellos, y otra en la que sean solo un componente de un conjunto de acciones. En cualquier caso, será necesario distinguir las limitaciones de carácter estructural de las de índole coyuntural.

Hemos seleccionado tres zonas para analizar la viabilidad de la recuperación de andenes y de la construcción de terrazas con miras al desarrollo rural sostenido: el Valle Sagrado del Cusco, la provincia de Yauyos, en el departamento de Lima, y la provincia de Cajamarca. En los dos primeros casos, existe gran cantidad de andenes abandonados; pero, como veremos luego, sus dinámicas económicas y características ambientales son distintas, y por ello permiten analizar la influencia de distintos factores sobre un problema común. El caso de Cajamarca resulta imprescindible, en tanto, como hemos mencionado, presenta una de las pocas experiencias de construcción de terrazas.

Estas dinámicas ofrecen un amplio marco de análisis y permiten considerar una gama de aspectos relacionados con las posibilidades y limitaciones de acciones de este tipo en favor del desarrollo rural, que pueden ser útiles para zonas similares en otras regiones del Perú.

Dadas estas circunstancias, nos propusimos explorar las posibles vías de recuperación de andenes enmarcadas en ciertas estrategias de desarrollo rural fundadas en la incorporación de stocks de capital natural mejorado. Estas vías difieren por la racionalidad económica de los usuarios. Encontramos una vía mercantil, basada en el principio de la maximización de ganancias, en la cual la recuperación de andenes debe ser financiada por el consumidor final de los bienes producidos. La vía campesina, que es la más usual, se adopta desde hace mucho tiempo y permite mantener los stocks de tierras necesarios para asegurar niveles de producción de subsistencia. Finalmente, está la vía estatal, financiada por el gobierno con dos propósitos: generar mayor bienestar social en el entorno de los andenes y mantener el Patrimonio Cultural de la Nación y el legado histórico en las zonas donde aquéllos son considerados como tales, es decir, hacer de los andenes bienes públicos. Por ejemplo, en lugares como el Cusco los andenes constituyen parte de la atracción turística y favorecen el desarrollo de los servicios asociados con este sector.

Con estas distintas vías, ¿es la recuperación de andenes una alternativa sustentable para el desarrollo rural?

Si entendemos como desarrollo sustentable la mejora de la calidad de vida de la población mediante el incremento de la producción y de su distribución equitativa, manteniendo y mejorando los recursos naturales y el medio ambiente, la recuperación de andenes constituye un camino viable sólo bajo ciertas condiciones. En la mayor parte de casos, la recuperación de andenes y la construcción de terrazas permiten cierta sustentabilidad pero sobre la base de economías de subsistencia o mediante inversión pública de muy largo plazo, en general financiada con impuestos.

La vía mercantil, basada en el principio de la maximización de ganancias, es la única que podría conducir al desarrollo sustentable en el contexto macroeconómico y regional actual, a condición de que la recuperación y el mantenimiento de estos bienes de capital físico-natural sean incorporados en los costos de producción y pagados por los consumidores. Esta vía es poco factible porque existen alternativas de inversión de mayor rentabilidad y menor riesgo en otros sectores. La recuperación de andenes es, entonces, una inversión poco atractiva, a menos que se produzca un cambio de los cultivos de tal manera que éstos generen un mayor valor agregado y tengan una demanda con mayores elasticidades-ingreso que la papa

o las habas. Nos referimos, por ejemplo, a las flores para exportación. En general, se trata de una vía limitada a determinados lugares en algunas regiones. Incluso se debe tomar en cuenta que los andenes que pueden generar rentabilidades mayores ya están en uso hace mucho tiempo, verbigracia los del Valle Sagrado en el Cusco. Parte del abandono de andenes se explica, en consecuencia, por el hecho de que los propietarios no consideran que invertir en ellos sea rentable.

La vía campesina de recuperación y manejo de andenes hace tiempo que es viable dentro de la racionalidad de subsistencia. Una buena muestra de la factibilidad de esta vía es la construcción de terrazas de formación lenta en Cajamarca, aunque esta se da con el apoyo del Estado y de algunas ONGs. Las principales razones por las que los campesinos no recuperan andenes para su economía de subsistencia son, en primer lugar, la falta de mano de obra disponible, pues tanto en el Valle Sagrado y en Antapampa, en el Cusco, como en Yauyos en Lima, los pobladores acceden a alternativas de trabajo con mayores salarios en el sector turístico o migrando temporalmente. En segundo término, se debe mencionar la carencia de pequeños capitales para comprar herramientas apropiadas e insumos, y, en tercer lugar, la falta de mercados para vender la producción adicional.

La vía estatal de recuperación de andenes es posible y rentable en el largo plazo, en la medida en que el Estado puede hacer de ellos bienes públicos de carácter cultural y puede generar bienestar a través de las externalidades que producen. Las causas del abandono de andenes atribuibles al Estado son, en primer lugar, la falta de recursos para sufragar los gastos de recuperación en zonas arqueológicas y, en segundo término, las discrepancias entre las distintas instituciones estatales sobre los modos de uso y recuperación de andenes. Estas discrepancias son notables entre el INC (Instituto Nacional de Cultura) y el PRONAMACHCS (Programa Nacional de Manejo de Cuenas Hidrográficas y Conservación de Suelos). Esta última institución es una de las más activas promotoras de una vía combinada entre la estatal y la campesina para recuperar y reconstruir los andenes.

Cualquiera que sea la vía de recuperación y producción en andenes, su existencia y su uso generan una serie de externalidades ambientales y sociales positivas. Por un lado, ayudan en la retención de aguas, detienen la erosión de los suelos y facilitan el riego eficiente. Por otro, permiten a los campesinos consolidar sus instituciones de organización colectiva e influyen en el funcionamiento de los mercados rurales de trabajo. Estas externalidades, que son difíciles de medir, constituyen una transferencia neta de los andenes hacia el resto de la sociedad.

En suma, la recuperación de andenes como un camino hacia el desarrollo rural sustentable debe combinar las tres vías. Lo ideal sería que los campesinos adoptaran progresivamente la vía mercantil, aunque para ello se requiere apoyo financiero y técnico del Estado por largos períodos. Como esto no sucederá ni en el corto ni en el mediano plazo, la sociedad debería pagar las externalidades positivas generadas por los usuarios de andenes. La vía campesina que genera sustentabilidad ambiental debería ser compensada a través de subsidios o de apoyo financiero y técnico tal como el que brinda PRONAMACHCS. El reciente fenómeno de El Niño (1997-1998) ha mostrado que en las zonas donde existen andenes o bosques de protección, la erosión provocada por las avalanchas ha sido menor. Con este panorama, el papel conductor y coordinador del Estado es crucial para darle viabilidad tanto al camino mercantil como al campesino para la recuperación de andenes y construcción de terrazas.

El trabajo de campo realizado nos ha permitido dar respuestas precisas a la principal interrogante de este estudio: si la recuperación de andenes constituye una vía hacia el desarrollo para los pobres del campo, es decir, los campesinos. Para ello hemos calculado las rentabilidades de la producción agrícola en tierras con y sin andenes. Las principales conclusiones a este respecto son las siguientes:

1. La vía mercantil, aislada y en las condiciones actuales, no es posible por las bajas rentabilidades que obtienen los campesinos.

La rentabilidad absoluta (RA) es definida como la relación entre el ingreso potencial (total de la producción estimada a precios de mercado) sobre el capital del agricultor (tierras más stock pecuario, a precios de mercado); es decir, se trata de una rentabilidad bruta. Este ratio permite una primera aproximación a las posibilidades de lograr una ganancia a partir de los stocks de tierras y ganado.

El indicador RA debió incluir el valor de algún otro tipo de capital del hogar (activos, ahorros financieros, etcétera), pero la encuesta no recoge esta información. Esta omisión podría estar sobrestimando los resultados.

La rentabilidad mediana encontrada a partir de nuestra encuesta es de 14%, con diferencias por departamentos. En el Cusco, la cifra es 22%, mientras que en Lima y Cajamarca asciende a 12% y 11%, respectivamente (cuadro 5).

Cuadro 5. Rentabilidad absoluta (RA)

Cusco	Lima	Cajamarca	Muestra total
22	12	11	14

Fuente: Gonzales de Olarte y Trivelli (1999).

Si bien estas rentabilidades son positivas, resultan relativamente bajas para asegurar un retorno a la inversión y, eventualmente, un pago de intereses, ya que se trata de rentabilidades brutas que no consideran depreciaciones y, sobre todo, que incluyen el autoconsumo. Esto nos lleva a pensar que si se mantienen los cultivos y las tecnologías actuales, la vía mercantil para la recuperación de andenes y la construcción de terrazas es factible sólo con créditos de largo plazo (de 20 a 30 años, con años de gracia y tasas de interés bajas). Esto significa que la recuperación de andenes debería estar acompañada por algún cambio técnico o tecnológico para asegurar niveles de rentabilidad absoluta mayores, que les permitan a los productores asumir el costo de la inversión.

A pesar de que la rentabilidad bruta absoluta de la producción en andenes es de 14% como promedio, no es suficiente para cubrir los costos de recuperación y, en el caso de que los cubra, las rentabilidades en actividades alternativas la superarían. Además, si bien la rentabilidad relativa de las tierras en andenes con riego (R) definida en función de la rentabilidad de los demás tipos de tierras de la siguiente manera:

$$R = \frac{\text{Ingreso total en andenes con riego} / \text{tierras en andenes con riego}}{\text{Ingreso potencial en las demás tierras} / \text{demás tierras}}$$

es claramente mayor que la producción en tierras sin andenes (0.69) –lo que significa que producir sobre andenes es más rentable que hacerlo en tierras de secano– esto no quiere decir que dicha producción sea competitiva y que permita pagar los intereses del mercado, si la recuperación se realiza con financiamiento bancario. Sin embargo, existen diferencias regionales: en el Cusco, donde la rentabilidad relativa es 1.0, sería indiferente producir en andenes, mientras que las rentabilidades en Yauyos (1.36) y en Cajamarca (1.4) señalan que la producción en andenes es netamente superior a la que se realiza en tierras de secano (cuadro 6). Esta diferencia favorece la vía campesina y, bajo ciertos requisitos, también la mercantil. Es importante notar que el denominador de este indicador se ha construido sobre la base de los rendimientos de cada tipo de tierra ponderados por la dotación de cada tipo de tierra que posee el hogar.

2. La vía campesina sólo es factible en tanto sea posible asumir los costos de la recuperación, pero encontramos que éstos son altos: US\$ 2,990.00 por hectárea recuperada en el Cusco, US\$ 1,993.00 en Lima y

Cuadro 6: Rentabilidad relativa promedio en andenes

Departamento	Andén con riego	Andén de secano
Cusco	1.00	0.53
Lima	1.36	0.19
Cajamarca	1.40	1.19
Muestra total	1.13	0.69

Fuente: Gonzales de Olarte y Trivelli (1999).

US\$ 3,985.00 en Cajamarca. Estos costos difícilmente pueden ser asumidos por los campesinos pobres sin apoyo financiero, técnico e institucional.

3. La vía estatal es factible en la medida en que se identifiquen los beneficios sociales derivados de los andenes en producción.

Dadas estas rentabilidades y los costos, existen otros condicionamientos para que la recuperación de andenes sea una vía sustentable hacia el desarrollo rural.

1. Se requiere una combinación de las tres vías para cada región, organizada y apoyada por el Estado.
2. Falta una institucionalidad adecuada en varios terrenos: financiero (acceso a créditos de campaña y capitalización), técnico-productivo (transferencia tecnológica y asesoría), organizacional (comunidades campesinas y sistemas colectivos de uso de recursos), mercados de productos y factores (falta de acceso o acceso limitado, infraestructura vial y de comercialización, mercado de trabajo, información asimétrica).
3. No parece constituir una limitación la estructura de tenencia de tierras, en la medida en que no existen grandes problemas de concentración de la propiedad y se está generando un mercado de tierras promovido por las reformas.

Un problema esencial de la recuperación de andenes y la construcción de terrazas es el conjunto de externalidades que generan, independientemente de quién y cómo las conducen. La valorización de las externalidades no es tarea fácil, sobre todo porque muchas de ellas sólo se pueden apreciar en largos períodos.

Respecto de las ventajas que tiene el poseer andenes o terrazas, mencionadas por los agricultores encuestados, encontramos que la menor erosión y el mejor aprovechamiento del agua en las parcelas fueron las dos principales ventajas asociadas al uso de andenes o terrazas (estas razones fueron dadas en primer o segundo lugar en 50% de las tres regiones). Las menciones que siguen a estos dos son el mejor aprovechamiento de los insumos, mayores rendimientos y mayor resistencia a las heladas. Clara-

mente, todas las ventajas mencionadas implican una mejora en la productividad de las parcelas que tienen andenes.

Resulta sorprendente que ningún productor encuestado mencionara que los andenes ofrecían ventajas para el medio ambiente en su conjunto o para el sistema productivo de la región. Para ninguno de los encuestados resultó prioritario mencionar (a pesar de ser una pregunta abierta) la existencia de externalidades positivas no aprovechables por ellos mismos. Es decir, las virtudes de la producción en andenes solo se miden en función de las externalidades que los andenes generan en beneficio de la propia chacra que posee los andenes. Solo se consideran ventajas de los andenes las externalidades que se internalizan privadamente a través del propio sistema de producción. Al parecer no se tiene conciencia, no se da importancia a las externalidades producidas más allá de la propia parcela, o las externalidades son mínimas como para tomarlas en cuenta.

Para completar este análisis, necesitaríamos conocer cómo perciben los beneficiarios de estas externalidades (digamos los pobladores de las partes bajas) el impacto de los andenes o terrazas de las partes altas. Es probable que ellos tampoco sean conscientes de la importancia de los andenes o terrazas en zonas altas para su propia producción, por ende, no se sentirán comprometidos a compensar a los que asumen los costos para que estos andenes o terrazas existan. Desgraciadamente, no disponemos de esta información. Sin embargo, quizás es conveniente utilizar un ejemplo real de cómo luego de un cambio en un sistema social estas externalidades se tornan evidentes. Rousseau *et al.* (1989) han documentado el caso de una comunidad en la cuenca del río Cañete con dos sectores, uno de altura y otro más bien bajo; las faenas comunales permitieron el buen aprovechamiento de andenes de la parte superior en beneficio de la comunidad, gracias a lo cual se dio un adecuado manejo de los recursos hídricos hacia la parte baja. La comunidad decidió separarse en dos, formándose dos comunidades, una en la parte alta y otra en la parte baja, con lo que los sistemas de faenas se vieron alterados y se limitó el aporte de la gente de la parte baja al mantenimiento de los andenes de la parte alta. El posterior deterioro de los andenes trajo consigo la pérdida de capacidad productiva en la parte baja. Este ejemplo ilustra las implicancias que pueden tener los andenes en parcelas que están más allá de los propios andenes o terrazas, cuyos beneficios son solo percibidos cuando se pierden.

Como hemos discutido en secciones anteriores, el tema de las externalidades que los sistemas de andenes y terrazas tienen es teóricamente significativo más allá de las fronteras de la chacra, y, por ende, requiere de ser incorporado en el análisis de la viabilidad de estrate-

gias de desarrollo basadas en este tipo de inversiones de capital. En el contexto descrito parece que los productores asumen las terrazas y los andenes sólo considerando los beneficios que éstos generan para sí mismos y dejando de lado o no otorgando importancia a los beneficios que implican para terceros. En la medida en que esto sucede, no existen problemas sociales derivados de la apropiación de beneficios por terceros que no asumen ningún costo (ni de construcción ni de mantenimiento), y, por lo tanto, el sistema tendería a ser socialmente sostenible. Sin embargo, esta situación sería riesgosa, pues, si los productores decidieran no utilizar más andenes ni terrazas, los afectados no serían solo ellos sino también los productores que venían beneficiándose de las externalidades más allá de los límites de la parcela que contiene los andenes o terrazas.

Desgraciadamente, no existe información precisa que nos permita generar indicadores de niveles de erosión, protección de cursos de agua u otras medidas que podrían captar los beneficios que los andenes o terrazas generan más allá de las parcelas individuales. Existen trabajos de campo que han mostrado los beneficios de los andenes en este sentido, pero que no son fácilmente generalizables. Sin embargo, y de modo más anecdótico, se pueden mencionar algunos hechos que reafirman esta hipótesis de las externalidades positivas de los andenes y terrazas. Por ejemplo, el PRONAMACHCS es un promotor importante de la construcción de terrazas y recuperación de andenes en las partes altas de las cuencas, pues estas terrazas (junto con otras prácticas como forestación, por ejemplo) son parte fundamental del sistema de protección de los cursos de agua. Otro ejemplo, a otro nivel, puede ser el comentario de algunos agricultores entrevistados en Cusco que señalaron que en las zonas con andenería no se daban avalanchas (huaycos), mientras que en zonas vecinas con similar topografía pero sin andenes se presentaba recurrentemente este tipo de problemas. Es claro, que obtener información empírica sobre estas relaciones entre la existencia de andenes o terrazas y los fenómenos erosivos es costoso y complejo, pero también es evidente lo útil que sería contar con ella para este tipo de análisis.

En general, podemos concluir que las externalidades positivas que poseen los andenes o las terrazas, percibidas por los productores, son localizadas e internalizadas en la propia producción. Esto les permite asumir los costos de su construcción o recuperación privadamente, en tanto los beneficios también son percibidos como separables y apropiables por ellos mismos. No hay una percepción clara de parte de los agricultores de las ventajas que tienen ni de la importancia de los andenes para la comunidad en su conjunto o para la preservación del medio ambiente y las condiciones productivas de su entorno.

En este contexto, es necesario comenzar a diseñar metodologías para medir estas externalidades, valorizarlas y ubicarlas, de modo tal que puedan ser internalizadas, por ejemplo con pagos a los generadores de dichos efectos por parte de los consumidores.

Un tema que reclama una investigación a fondo desde distintas aproximaciones, pero sobre todo desde las perspectivas económica y ambiental, es el costo de oportunidad en el que está incurriendo la sociedad al no mantener, recuperar o construir andenes, en tanto sistemas básicos para asegurar la sustentabilidad. Queda claro que hoy pocos valoran o reconocen las externalidades positivas que este tipo de construcciones generan en el medio ambiente y, en esa medida, son escasos los esfuerzos por mantenerlas. Resultará clave para la generación de políticas públicas y de acciones de intervención directa el conocer cuánto estamos afectando negativamente nuestro medio ambiente al no mantener estos sistemas. Será asimismo de la mayor importancia definir quiénes son los beneficiarios directos e indirectos de las externalidades positivas de los andenes y terrazas e identificar a los agentes que asumen, donde los haya, los costos de mantener o crear este tipo de infraestructura. Dado que

éste es un caso típico de falla del mercado, ofrece una excelente oportunidad para definir y proponer arreglos institucionales que permitan aumentar las posibilidades de establecer un sistema de vida sustentable.

Lo más peligroso es que esta carencia también se puede convertir en una falla del Estado, si es que éste no asume su papel regulador de las fallas de mercado. Ello significaría en realidad una falla de la sociedad, en la medida en que mostraría una incapacidad de organización para la asignación y uso de los recursos naturales mejorados.

Finalmente, llegamos a la conclusión de que la recuperación de andenes no es ni puede ser un medio para el desarrollo rural de manera aislada. Se requiere, además, acceso al crédito, asistencia para el cambio tecnológico e identificación de mercados de destino como políticas o instrumentos complementarios. Así, concluimos que el desarrollo rural precisa una estrategia con programas que ayuden a combinar los factores de producción y que permitan a los campesinos acceder a ellos. La recuperación de andenes en forma aislada no constituirá nunca una vía estratégica para impulsar el desarrollo en el campo.

Nota

El presente artículo es un extracto del texto *Andenes y desarrollo sustentable* publicado por los autores en abril de 1999 por el IEP y CONDESAN.

Los andenes de Puno en el contexto del proceso histórico de la cuenca norte del Titicaca

(Terracing in Puno within the context of historical process of the northern Titicaca basin)

RESUMEN

Se presenta el caso de los andenes del altiplano del Titicaca, en la actualidad una de las zonas más deprimidas de los Andes. En primer lugar se expone el contexto cultural prehispánico de la cuenca norte del Titicaca, con especial énfasis en *Pukara* (circa 250 a.C. - 380 d.C.), la primera sociedad compleja de la región, y en las transformaciones humanas en el manejo del suelo y el agua que posibilitaron tal desarrollo. Luego se presenta la información existente sobre los andenes del altiplano, y se concluye con una agenda de los aspectos que hay que abordar para un mejor conocimiento de ellos.

ABSTRACT

This article discusses terracing around the Lake Titicaca region, at present one of the more economically depressed regions of Peru. Beginning with the Pukara culture (c. 250 BC-380 AD), development of local complex societies resulted from human transformation of soil and water management. Present day terracing is discussed, and an agenda is proposed, suggesting the steps that should be taken towards a better understanding of terracing and its usefulness.

¹ Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN), Lima, Perú, e.mujica@cgiar.org

Introducción

A diferencia de los Andes húmedos del norte, el altiplano del Titicaca, ubicado en la frontera actual entre el Perú y Bolivia, es una extensa llanura con características de estepa de gramíneas, interrumpida ocasionalmente por accidentes geográficos. Se encuentra a una altitud promedio de 4,000 m, fluctuando entre los 3,812 m a orillas del lago hasta más de 5,000 m en las cumbres nevadas de las montañas que lo rodean. Hoy en día es uno de los lugares más deprimidos y pobres de los Andes. Tradicionalmente se argumenta que esta situación se debe a los siguientes factores que de uno u otro modo limitarían la capacidad productiva del altiplano: a) su altitud, que lo ubica en los límites superiores de vida animal y vegetal; b) lo impredecible de las lluvias, que de manera irregular cambian de años de inundaciones a otros de extrema sequía; y c) por la marcada alternancia climática diaria, que hace de los días veranos calurosos y de las noches, inviernos fríos. En resumen, el día de hoy se piensa que el medio ambiente natural del altiplano del Titicaca no es apto para el desarrollo exitoso de las sociedades.

Pero, por el contrario, estamos en condiciones de afirmar que el “empobrecimiento” del altiplano del Titicaca es un fenómeno relativamente tardío. Muestra de ello son, en primer lugar, los templos cristianos españoles de los siglos XVI y XVII dispersos en los entornos del lago, que reflejan la concentración de riquezas temprano en la Colonia (Gutiérrez, 1979). En segundo lugar, sabemos, gracias a las visitas administrativas del siglo XVI (Diez de San Miguel, 1567; Gutiérrez Flores, 1574; Gutiérrez Flores y Ramírez Zegarra, 1573; Osorio de Quiñones y Ramírez Zegarra, 1581-1583), que el altiplano del Titicaca fue sumamente rico a la llegada de los europeos, a tal extremo que el territorio que durante la época precolonial correspondía a los Lupaqa fue entregado a la Corona española conjuntamente con la isla Puná en el golfo de Guayaquil y Chíncha en la costa peruana. Más aún, los cronistas españoles, como Cieza de León (1550), Matienzo (1567) y Polo de Ondegardo (1571), aseguran que esta fue una de las áreas más pobladas del nuevo mundo. Y en tercer lugar, las investigaciones arqueológicas desde principios del presente siglo han demostrado que el altiplano del Titicaca fue cuna de civilización, uno de los pocos lugares del mundo en donde emergieron las sociedades complejas de manera autónoma.

Sociedades complejas en la cuenca norte del Titicaca

El desarrollo de sociedades complejas en el altiplano del lago Titicaca ha sido aceptado desde muy temprano en la historia de las investigaciones sobre la región. Los estudios

realizados en Tiwanaku (Bolivia), primero, y luego en Pucará (Perú), reflejan claramente esta asunción. Podemos definir a grandes rasgos como sociedades complejas en el altiplano del Titicaca a aquellas que se caracterizaron por la construcción de centros urbanos-ceremoniales monumentales, en donde se requirió de un poder centralizado capaz de aglutinar y manejar una considerable cantidad de energía humana y mantenerla con un excedente productivo; por la capacidad de implementar una adecuada tecnología para la producción y transformación de recursos agrícolas y ganaderos; por el logro de una sofisticada manufactura de cerámica, metalurgia, textilería y escultura lítica; y que supieron establecer una peculiar organización económica “complementaria” que les permitió tanto el control de un territorio nuclear altoandino como el acceso a ecologías diversas situadas a largas distancias a través de diversos mecanismos: colonias permanentes en los valles mesotérmicos de las laderas de los Andes e intercambio a larga distancia con distintos grupos étnicos (Mujica 1985, 1988). Este desarrollo complejo, sin duda alguna, fue posible gracias a un manejo inteligente y coherente de un medio ambiente natural que no hemos sabido aprovechar desde la invasión europea del siglo XVI.

La sociedad compleja más temprana de la cuenca norte del Titicaca fue la conocida hoy con el nombre de *Pukara*, que se desarrolló entre los años 250 a.C. y 380 d.C. El sitio tipo es el pueblo de Pucará, que se encuentra en el kilómetro 106 de la actual carretera que une la ciudad de Puno, a orillas del lago Titicaca, con la del Cusco, a 3,950 m de altitud. El sitio arqueológico abarca una extensión aproximada de 6 kilómetros cuadrados, área en donde se encuentran finas muestras de esculturas líticas, cerámica de magnífico acabado y de gran valor artístico, un asentamiento poblacional cuyas características señalan que estamos ante el primer asentamiento urbano del altiplano del Titicaca, todo esto asociado a un complejo ceremonial con arquitectura sumamente elaborada.

El patrón de poblamiento *Pukara* en el altiplano está caracterizado por una jerarquía de sitios compuesta por un núcleo principal, varios centros de menor tamaño pero finamente elaborados, y aldeas dispersas por la cuenca norte del Titicaca. En términos de esfera de influencia, por la sierra norte llegó hasta el valle del Cusco y por el sur hasta pocos kilómetros al sur de Tiwanaku. En la costa del Pacífico se han encontrado evidencias *Pukara* en los valles de Moquegua (extremo sur peruano) y Azapa (extremo norte chileno), aunque hay evidencias de su presencia en la región de Iquique y hasta en la desembocadura del río Loa.

A manera de modelo explicativo, podemos postular que las aldeas dispersas cumplieron probablemente con la

extracción de materia prima y producción de recursos básicos de subsistencia, los "centros secundarios" una función probable de captación y redistribución, como nexo entre las aldeas productoras y Pukará, y el gran centro urbano-ceremonial una función de procesamiento de materia prima y de producción y redistribución de bienes y servicios de recursos urbanos.

De lo que no queda duda es de que el aumento de sitios en relación al período anterior denota un considerable crecimiento poblacional, y la dispersión de los mismos un acceso a mayores y más variados recursos productivos localizados en diversos nichos ecológicos. Por vez primera en el desarrollo histórico altiplánico se encuentra una sociedad que abarca tanto zonas de altura, recursos agrícolas en los valles, acceso a zonas selváticas, control de las orillas e islas del lago Titicaca, así como establece una primera integración regional en toda la cuenca norte del Altiplano.

Las bases civilizatorias

Considerando que el área nuclear en donde se desarrolló esta cultura linda con los límites superiores de vida vegetal y animal, por encontrarse a una altitud promedio de 4,000 m y a una latitud de 15 a 18 grados Sur, y que, consecuentemente, como centro productivo, aparenta ciertas limitaciones, el determinar los fundamentos económicos que permitieron tal desarrollo complejo ha sido y es objeto de especial interés. Indudablemente, la aparente inhospitalidad del altiplano del Titicaca fue progresivamente transformada por el poblador altoandino en provechosa para el desarrollo de las sociedades, a lo largo de varios siglos de dinámico desarrollo histórico, a través de la domesticación de especies animales y vegetales propicias al ecosistema, de la implementación de mecanismos económicos que les permitieron, desde muy temprano en su historia, tener acceso a ecosistemas diversos, muchos de ellos situados a grandes distancias, y por medio de la invención de tecnologías para el manejo del agua y del suelo adecuadas a las condiciones específicas del medio ambiente del altiplano. Revisemos sucintamente cada uno de ellos.

a) La domesticación de plantas y animales

A pesar de las difíciles condiciones que presenta la ecología de la cuenca del Titicaca, hubo, con base en la domesticación de varias especies de plantas y animales autóctonos, un desarrollo tanto de la agricultura como de la ganadería. En ambos casos, se supone que el proceso de domesticación pudo ocurrir en el altiplano, aunque hasta el momento no se han realizado las investigaciones arqueológicas necesarias para la comprobación de tales hipótesis (Mujica y Wheeler, 1981).

La cuenca del Titicaca ha sido señalada por los botánicos Hawkes (1956, 1967), Ochoa (1962) y Ugent (1970), como el centro de domesticación más probable de la papa (*Solanum tuberosum*). Ellos basan esta hipótesis tanto en la presencia de la forma silvestre (*Solanum stenototum*) como en el hecho de que existen más de 400 variedades reconocidas por los actuales habitantes de la región. Esta cantidad excede el total de variedades conocidas en cualquier otra parte de los Andes. En cuanto a la quinoa (*Chenopodium quinoa*) y la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), existen aún menos evidencias de su centro de origen, aunque Simmons (1965), Heiser y Nelson (1974) y Pikersgill y Heiser (1977), han sugerido que su domesticación ocurrió dentro de la cuenca del Titicaca o en su cercanía. En cualquier caso, está claro que la domesticación y el cultivo de plantas altoandinas nativas, bien adaptadas a las difíciles condiciones ecológicas del altiplano, cumplieron un papel importante en el desarrollo de las sociedades altiplánicas. A las especies arriba señaladas hay que agregar la oca (*Oxalis tuberosa*), la mashwa (*Tropeolum tuberosum*) y el olluco (*Ullucus tuberosus*), tubérculos que con los granos ya señalados conforman el denominado "complejo cordillerano" (Lumbreras, 1970; 1974).

También se propone que la cuenca del Titicaca fue el epicentro más probable de domesticación de los camélidos sudamericanos. Fue aquí donde los españoles encontraron la más alta concentración de camélidos (Murra 1964), incluyendo las formas salvajes como el guanaco (*Lama guanicoe*) y la vicuña (*Lama vicugna*) y las domésticas como la llama (*Lama glama*) y la alpaca (*Lama pacos*). Latcham (1922; 1936) sugirió que tanto la llama como la alpaca fueron domesticadas en la misma cuenca del Titicaca, porque esta representa el epicentro de su distribución geográfica norte-sur sobre la Cordillera de los Andes. Troll (1931) presentó la misma hipótesis, anotando que, entre otros factores, la cuenca del Titicaca representa la más extensa concentración de los recursos pastoriles en los Andes y los de mejor calidad (Troll 1931). Otros autores, como Gilmore (1950), León (1932, 1939) y Lumbreras (1967, 1971), han anotado que debido a la extensa distribución de la llama hacia regiones fuera del altiplano, su domesticación pudo realizarse fuera de la cuenca del Titicaca, mientras que la alpaca sí fue netamente altiplánica y de domesticación posterior, tal como había sugerido con anterioridad Maccagno (1912, 1931).

La hipótesis de una tardía domesticación de la alpaca, y como resultado de un intento deliberado para mejorar la calidad y productividad de la lana, ha sido sugerida por los arqueólogos Bennett y Bird (1949), Bird (1954) y Lumbreras (1967, 1970), proceso que ellos postulan fue llevado a cabo en la cuenca del Titicaca. En todo caso, la ganadería

de camélidos cumplió un papel de primer orden en la economía del altiplano a lo largo de su historia, tal como lo indica la evidencia arqueológica y la información etnohistórica. Lo más probable es que fuera la combinación de ambas estrategias productivas –la agrícola y la pastoril– lo que permitió subsanar las limitaciones naturales del hábitat altiplánico, y posibilitó el desarrollo de sociedades complejas, a lo que habría que agregar la situación geoeconómica tan especial que permitió el lago Titicaca (Mujica, 1978).

Pero parece que aun así esto no fue suficiente, ya que desde muy temprano en la historia del altiplano encontramos a sus pobladores interactuando con aquellos asentados en los valles costeros del Pacífico, con los de los valles mesotérmicos serranos y con los de las yungas de la vertiente oriental de los Andes, supuestamente para tener acceso a otros recursos (Mujica, 1985). La persistencia de esta interacción a lo largo del tiempo, y a través de diversos mecanismos, parece estar indicando que la complementariedad económica mediante el acceso a recursos no altiplánicos debe ser también considerada como vital en el proceso histórico de la cuenca del Titicaca, conformando una triple base conjuntamente con la agricultura de altura y la ganadería de camélidos.

b) El manejo de nichos ecológicos complementarios

Indudablemente, las sociedades circumlacustres subsanaron las limitaciones naturales del hábitat altiplánico por medio de la explotación integral de su medio y la transformación coherente de sus recursos agrícolas, pastoriles y lacustres, pero existen una serie de limitaciones solo posibles de superar accediendo a medioambientes con condiciones distintas y que nos permitirían explicar por qué la complementariedad económica fue crucial en la región. Por un lado, el altiplano del Titicaca ofrece condiciones inestables e irregulares, difíciles y hasta imposibles de controlar, como las granizadas, heladas, sequías o inundaciones, comunes, pero que no siguen un patrón regular. Por otro lado, recursos de importancia económica y social como el maíz, el ají y el algodón, entre otros, de tanta importancia en el mundo andino, no son posibles de cultivar en el medio altiplánico, por lo menos en las cantidades necesarias y con las seguridades requeridas. La única manera de conseguirlos era, a muchos días de camino, donde podrían ser intercambiados por productos altiplánicos o explotados directamente por medio de colonias o asentamientos permanentes.

La historia de la cuenca norte del Titicaca está profundamente imbricada con los desarrollos históricos tanto de la vertiente occidental como oriental de los Andes. Desde muy temprano en la historia de la cuenca norte encontra-

mos evidencias (circa 800 a.C.) de intercambios de naturaleza aún no definidos con poblaciones del oriente. Con el valle del Vilcanota existe una fuerte interdependencia desde por lo menos el año 800 a.C., mientras que con los valles de la vertiente occidental parece haber sido de larga data. Por la premura del tiempo, solo quisiera poner como ejemplo los mecanismos de articulación altiplano-valle durante el período *Pukara* (circa 250 a.C. - 380 d.C.).

El patrón de integración regional y de uso simultáneo de múltiples nichos ecológicos que emergió en la época *Pukara*, contrasta marcadamente con la microadaptación de las culturas anteriores caracterizadas por un nivel aldeano de desarrollo. Pero, tal vez los indicadores más importantes del cambio ocurrido durante esta época en la cuenca del Titicaca son la presencia de asentamientos de poblaciones altiplánicas fuera de su territorio nuclear.

Son distintas las evidencias de poblaciones *pukara* saliendo de su territorio nuclear en la sierra altoandina. Hacia el norte avanzaron por el valle del Vilcanota llegando hasta el sitio de Batán Urqo, cerca del poblado actual de Huaró (Cusco), descubierto por Patterson (1966) en 1965. Las investigaciones que en la actualidad vienen realizando los arqueólogos cusqueños en este sitio podrán aclarar la naturaleza de la presencia *Pukara* en este lugar tan alejado del altiplano, y la manera como pudieron influir en el desarrollo cultural posterior de la cuenca del Cusco (Zapata, 1990).

Hacia el sur del lago existen evidencias de presencia *pukara* en el territorio de una sociedad en parte contemporánea a ella (Mujica, 1985), denominada Qeya (o Tiwanaku III o Temprano). En el sitio de Kallamarca o Qallamarka (Portugal Zamora y Portugal Ortiz, 1975; Portugal Ortiz y Portugal Zamora, 1977), ubicado a tan solo 12 kilómetros al sur-este del gran centro urbano de Tiwanaku y descubierto por los arqueólogos Portugal en 1971, se encontró un lote de piezas de cerámica muy importantes ya que en él “se halla la evidencia física de una asociación entre la cerámica más temprana de Tiwanaku y rasgos del estilo *Pukara*, con lo cual queda definitivamente claro que la cultura *Pukara* es anterior, en su conjunto, a la cultura Tiwanaku y obviamente antecedente” (Lumbreras, 1974).

El acceso a la costa también fue muy significativo. Las primeras evidencias altiplánicas pre Tiwanaku fueron encontradas en el sitio de Azapa 70 (Arica) por los arqueólogos Focacci y Erices (1971). Se trata de un textil decorado con diseños del estilo *Pukara* temprano asociado a contextos funerarios de la fase costera Alto Ramírez (Mujica, 1985) y de un gorro tejido con diseños escalonados. Dos gorros similares fueron encontrados en la desembocadura del río Loa (norte de Antofagasta), varios

cientos de kilómetros más al sur. Una tercera evidencia está constituida por una bolsita tejida y una tableta del complejo alucinógeno en el más puro estilo *pukara* encontradas en el sitio de Patillos (Iquique), sobre las que inicialmente llamó la atención Núñez (1967-68).

Las investigaciones recientes en el valle de Moquegua, en el extremo sur peruano, han proporcionado una información más contundente (Feldman, 1990a, 1990b). A diferencia de elementos culturales *Pukara* "aislados" mencionados en el párrafo anterior, que podrían reflejar meramente intercambio entre poblaciones del altiplano y las de la costa, este último caso se trata de asentamientos multicomponentes ubicados en las ricas tierras del valle y que han permitido definir una fase cultural, denominada Trapiche, en la secuencia de la costa sur. Si bien no se trata de una ocupación intensiva del valle, hay por lo menos tres sitios habitacionales con cerámica y textilería *Pukara*, que podría estar reflejando la presencia en este caso de una población permanente, si bien las evidencias son aún insuficientes.

El arqueólogo José Antonio Chávez, de Arequipa, informó y mostró en el Encuentro de Arqueología Regional realizado en Ilo en agosto de 1986, cerámica *Pukara* procedente de un sitio ubicado en Las Salinas, en las alturas de Arequipa, e indicó que en Chiguata, en el lado occidental de la cordillera bajando hacia la ciudad de Arequipa, había encontrado cerámica similar. Recientemente, De la Vera Cruz (1996) agrega que el sitio excavado por Chávez en la puna de Chili se denomina Poru Poru, y que en el mismo valle alto del Chili, en el sitio denominado Sonconata, él encontró fragmentos de cerámica que tienen vínculos estilísticos con *Pukara*.

La presencia de materiales culturales *Pukara* en la periferia de su territorio nuclear está reflejando tres hechos importantes. Por un lado, el acceso de poblaciones altiplánicas a ecosistemas complementarios ubicados a muchos días de camino, lo que solo es posible de lograr luego de haber solucionado su relación con el medioambiente de origen y de haber logrado una estructura social y política capaz de sustentar el movimiento organizado de poblaciones. En segundo lugar, la naturaleza distinta de los materiales culturales en la periferia, como textiles aislados en algunos casos frente a asentamientos permanentes en otro, reflejan la aplicación de dos mecanismos económicos distintos pero complementarios: por un lado, un posible acceso a recursos lejanos a través de intercambio, por otro, un acceso directo a través de asentamientos permanentes. Y en tercer lugar, la presencia de poblaciones *Pukara* en el Cusco, hacia el norte, y Tiwanaku, hacia el sur, deben de ser tomadas en cuenta para explicar tanto la formación de sociedades complejas, en el primero, como de Tiwanaku, en el segundo.

c) Las tecnologías agrarias altoandinas

Un tercer factor relacionado al surgimiento de sociedades complejas en la cuenca norte del Titicaca son las tecnologías que permitieron un manejo adecuado de los recursos agua y suelo. Sobresalen tres: los *waru waru*, las *qochas* y obviamente los andenes. Primero ofreceremos un resumen de las dos primeras, para en el siguiente punto tratar en extenso el caso de los andenes.

Las qochas

El sistema de *qocha* (*q'ocha* o *cocha*) -sistema de riego que responde a una lógica distinta a la de las sociedades occidentales (Claverías et. al. 1986)- es sin duda la infraestructura agraria menos estudiada en el altiplano del Titicaca. Quienes han observado este sistema coinciden en que está relacionado con el manejo adecuado del agua con fines agropecuarios, resaltando la importancia de su concepción (maximización del agua de lluvia) y ubicación (en terrenos planos y altos no irrigables).

Ubicadas en las tierras altas, en la puna, por encima de los 3,850 m, las *qochas* son un sistema en pleno funcionamiento y producción el día de hoy, y la población campesina indígena contemporánea las utiliza y cultiva en forma intensiva, obteniendo productos agrícolas y ganaderos básicos para su consumo, como la papa, quinua, oca y cebada, y para el pastoreo de ganado (Valdivia y Reinoso, 1994).

El sistema de *qocha* está conformado por un conjunto de pequeñas lagunas artificiales que se alimentan de las aguas de lluvia, unidas entre sí por canales que permiten manejar el agua entre ellas. El agua se maneja dentro de cada *qocha* y es, a su vez, evacuada por los canales de unión de *qocha* en *qocha*, hasta eventualmente desembocar en un río o perderse en la pampa. Es una forma muy inteligente de maximizar el escaso recurso hídrico.

El suelo de las *qochas* tiene una fertilidad natural de gran potencial, ya que la humedad permanente hace que la biomasa sea abundante, y el sistema permite captar la erosión que provocan las lluvias arrastrando un material de tierra, fina rico en nutrientes.

Las *qochas* contribuyen, por otro lado, a disminuir uno de los mayores riesgos de la agricultura en puna: las heladas. El principio parece ser que los espejos de agua que se forman en las *qochas* absorben calor y luego lo irradian en la tarde, impidiendo las heladas. Los bordes inclinados de la *qocha* hacen circular el aire, especialmente cuando se desprende una corriente desde el espejo de agua, impidiendo o atenuando las heladas.

Además de las descripciones pioneras realizadas por Flores (1987) y Flores y Paz (1983a, 1983b, 1984, 1986, 1988), se han investigado las *qochas* como sistema productivo actual (Rozas, 1984, 1986, 1987), y en términos de la organización campesina que lo sustenta (Angles, 1987). Posteriormente se ha realizado un inventario y mapeo de *qochas* en el marco del Programa de Investigación, Validación, Capacitación y Rehabilitación de Camellones en el Departamento de Puno - Proyecto PIWA (Díaz y Velásquez, 1992) y recientemente Valdivia y Reinoso (1994) han sistematizado 10 años de observaciones en una comunidad campesina, con resultados valiosos para entender el funcionamiento del sistema y su potencial.

Flores y Paz (1983a; 1986) proponen que las *qochas* fueron creación de los *Pukara*, sociedad compleja temprana que, como ya se ha explicado, se desarrolló en la cuenca norte del Titicaca entre los años 250 a.C. y 380 d.C. La proposición de los autores citados se sustenta en que, por un lado, las *qochas* se encuentran frente al gran sitio urbano-ceremonial epónimo de esta cultura, a un día o día y medio de camino, y por el otro lado se trata de la primera sociedad de la cuenca norte del Titicaca en lograr un desarrollo urbano.

Los waru waru o camellones

La segunda tecnología de manejo de suelo y agua desarrollada en el altiplano son los *waru waru*, conocidos también como camellones o campos elevados. A diferencia de las *qochas*, se encuentran en las zonas más bajas y menos inclinadas del altiplano, entre los 3,800 y 3,850 m. Acá, las antiguas poblaciones tuvieron que enfrentar otro tipo de riesgo en los contornos del lago Titicaca y sus ríos tributarios: las inundaciones. Para ello inventaron estos surcos gigantescos, de 4 a 10 m de ancho por 100 a más de largo y 1 m de altura, que facilitaban el drenaje, mejoraban la fertilidad del suelo y creaban un espejo de agua que protegía a las plantas contra el granizo y las heladas. Esta tecnología, inventada en el año 1300 a.C. (Erickson, 1996), se encuentra dispersa en una extensión de 142,000 ha, e investigaciones recientes han demostrado que permiten, por ejemplo, un mayor rendimiento de papa, en más del 40% en comparación con la producción en las laderas o la pampa.

Se trata, efectivamente, de grandes surcos diseñados para una irrigación de drenaje, dispersos en miles de hectáreas distribuidas en las orillas del lago Titicaca, completamente abandonadas desde el siglo XVI, y que por la magnitud de los trabajos se postuló inicialmente que fueron construidos y utilizados sólo durante los períodos tardíos precoloniales. El descubrimiento de los campos elevados abrió una nue-

va perspectiva en el estudio de las bases económicas de las sociedades altiplánicas, tanto por enfatizar en los recursos agrícolas de altura –un poco descuidados por el peso que tradicionalmente se le dio a la ganadería–, cuanto porque significaban una tecnología sofisticada y apropiada a un medio ambiente difícil que reflejaba un alto nivel de desarrollo de las sociedades de la región, además de la coherencia en la solución de los problemas suscitados por las limitaciones del medio ambiente altiplánico.

Si bien el primero en llamar la atención sobre la existencia de este sistema agrícola fue el etnógrafo sueco Erland Nordenskiöld, a principios de siglo, con sus estudios en los Llanos de Mojos, al noreste de Bolivia (Denevan, 1967), el inicio de las investigaciones sistemáticas se lo debemos a los geógrafos William Denevan, Patrick Hamilton, James J. Parsons y Clifford Smith, quienes, a partir de estudios de campo y de fotointerpretación, describieron los llamados “campos elevados”, “camellones”, *waru waru* o *kurus* (Parsons y Denevan, 1967; Smith, Denevan y Hamilton 1968, 1981; Denevan 1970, 1980, 1986).

Desde mediados de la década de los 70's los estudios sobre los campos elevados fueron intensificados desde distintas perspectivas. Le debemos a Lennon (1982, 1983) el estudio de las condiciones geográficas de su construcción y funcionamiento. Pero, fue Clark Erickson quien inició el estudio desde una perspectiva netamente arqueológica, excavando camellones en la orilla norte del lago con la intención de reconstruir los sistemas constructivos, afiliación cultural y correlaciones sociales, llegando a comprobar -entre otras cosas- que la construcción y uso de camellones fueron iniciados antes del desarrollo de la cultura *Pukara* (Erickson, 1982, 1984, 1985, 1986a, 1987, 1988a, 1992, 1996; Erickson y Candler, 1987; Erickson y Candler, 1989).

Es importante resaltar el esfuerzo dedicado a la recuperación de los antiguos camellones para su utilización contemporánea. A diferencia de los andenes, como veremos a continuación, arqueólogos, biólogos, antropólogos y sociólogos se han dado la mano para, a través de la experimentación, reconstruir camellones conjuntamente con comunidades indígenas de la región, y reutilizarlos empleando la tecnología tradicional (Erickson, 1983, 1986b, 1986c, 1986d, 1988b; Erickson y Brinkmeier, 1991; Garaycochea, 1982, 1984, 1986a, 1986b, 1986c, 1987a, 1987b; Garaycochea *et al.*, 1987; Dietschy, 1984; Brinkmeier, 1985; Ramos, 1986b, 1986c; Guillet, 1986a; Arce, 1987).

Los andenes en la cuenca norte del Titicaca

Así como las *qochas* permitieron maximizar el uso del agua en planicies de altura, y los *waru waru* aprovechar las

áreas inundables más bajas en los entornos del lago Titicaca o de sus ríos tributarios, los andenes y terrazas de cultivo fueron empleados para aprovechar las zonas de ladera tal como ocurre en el resto de los Andes.

A diferencia de otras agroecologías de los Andes, sobre todo las centrales, es relativamente poca la información detallada sobre los andenes y terrazas de cultivo existentes en el altiplano del Titicaca, considerando la extensión del sistema y su presencia en una importante variedad de agroecologías. La información disponible la podemos agrupar en las siguientes categorías: a) ubicación y extensión, b) caracterización, función y uso, y c) trabajos de rehabilitación.

Antes de resumir tal información, es importante notar que no se han realizado hasta el momento investigaciones arqueológicas sistemáticas en relación con esta tecnología productiva, y por lo tanto la mayoría de referencias sobre su antigüedad y función deben de ser tomadas como referencias generales. Igualmente, debido a la falta de este tipo de estudios, no tenemos para el altiplano del Titicaca una secuencia real del proceso de evolución y desarrollo de los andenes y terrazas de cultivo.

a) Ubicación y extensión

Díaz y Velásquez (1992), en el inventario que realizaron sobre infraestructuras agrícolas andinas en el departamento de Puno, identificaron la existencia de 122,882 ha que incluyen lo que definen como áreas andenadas y terrazas. Los autores definen como andén a los bancales con muro de piedra, y a las terrazas como aquellas que son solo taludes cubiertos con pastos naturales. Por otro lado, informan que las zonas circumlacustre y de *suní* (altiplano) son las de mayor concentración de andenería, con una extensión de 95,436 ha, lo que representa el 77% del área total. Los andenes en la puna húmeda y quechua (selva alta) de Puno abarcan 27,446 ha, equivalentes al 22.3% del total de suelo andenado.

En cuanto a la distribución de los andenes y terrazas de acuerdo a la demarcación política del Departamento de Puno, las cifras se consignan en el cuadro 1.

En términos de la distribución de andenes y terrazas de acuerdo con la altitud, Morlon (1982), en una publicación preparada para el Proyecto Regional de Patrimonio Cultural PNUD/UNESCO y editada por la Corporación Financiera de Desarrollo, propone la existencia de cinco zonas de producción:

Altura, entre los 4,100 y 3,800 m, donde se produce papa amarga para el chuño; "Manda", entre los 3,800 y 3,200 m, donde se cultivan papas el primer año, oca, olluco e

Cuadro 1. Distribución de andenes y terrazas en el departamento de Puno

Provincia	Superficie (ha)	Distribución (%)
Azángaro	22 576	18,4
Huancané	21 300	17,3
Chucuito	21 175	17,2
Puno	17 040	13,9
Carabaya	16 470	13,4
Sandia	10 976	8,9
Lampa	4 700	3,8
San Román	4 345	3,5
Yunguyu	2 640	2,2
Melgar	1 660	1,4
Total	122 882	100

Según Díaz y Velásquez (1992).

isaño, en el segundo año, nuevamente ocas durante el tercer año, habas y cebada en el cuarto año, luego de lo cual la tierra entra en descanso durante por lo menos dos años;

"Manda baja", entre los 3,200 y 3,400 m, donde se siembran papas el primer año, ocas, ollucos y papas en el segundo año, luego descansa 3 años;

Zona de transición, en torno a los 3,200 m, lo que permite el policultivo de papa y maíz el primer año, luego habas y yacón; y

Zona de maíz, por debajo de los 3,200 m, con cultivo intenso del maíz. Los suelos no descansan, y se usa el arado con bueyes, combinándose el maíz con el frejol, yacón, *racacha* o *aracacha* (o *virraca*, término más utilizado en la zona de Cusco - Abancay. M. Tapia, comunicación personal) y cucurbitáceas.

b) Caracterización, función y uso

Además de la clásica y difundida obra de Donkin (1979), una de las primeras referencias que caracterizan los andenes del altiplano del Titicaca se la debemos a Canahua (1978), quien presentó una primera aproximación al problema en el Primer Congreso de Cultivos Andinos realizado en Ayacucho en octubre de 1977. En su ponencia describe la constitución de los andenes, presenta de manera preliminar su distribución, sus relaciones con los cultivos andinos y su estado de conservación a partir de un sondeo exploratorio.

Sobre la constitución de los andenes, informa que están compuestos por: a) el muro de contención (construcción

sólida de piedra que descansa sobre material madre mediante un cimientado; b) la terraza (donde se practica la agricultura, compuesta por tierra de cultivo sobre grava que facilita el drenaje); c) la base (material madre o roca); y d) la vegetación arbustiva presente en el contorno de la terraza, lo que mejora el microclima y que además sirve como cortina de viento que previene la erosión eólica (Canahua, 1978). A partir de esta descripción, podemos suponer que el trabajo pionero de Canahua se refiere exclusivamente a los andenes formales propiamente dichos, mas no a las terrazas de cultivo que no implican infraestructura constructiva sofisticada.

Morlon (1982), en el trabajo ya citado, plantea la diferencia entre andenes incaicos y andenes campesinos, poniendo como ejemplo de estos últimos a los de Sandia y Cuyo Cuyo (fotos 1 y 2) en base a la información proporcionada por Camino (1977, 1978a, 1978b, 1980, 1983, 1992). Describe los andenes campesinos de la siguiente manera:

Los andenes “pircados” utilizando el material local; la piedra pizarra. Estos se hacen de las más diversas formas, lo que nos permitirá hacer todo un trabajo de tipología en otra ocasión. Es importante señalar sin embargo que, si bien ya no se construyen nuevos sectores de andenes, los andenes derrumbados son rápidamente rehabilitados. Entre junio y agosto, toda familia campesina dedica una parte considerable de su tiempo a la rehabilitación de andenes derrumbados por efectos de lluvias y deslizamientos. (Morlon, 1982).

c) Acciones de rehabilitación

En lo que se refiere a los resultados de las acciones de rehabilitación, es realmente poco lo que se ha publicado. Comparando con la cantidad de trabajo que se ha practicado —principalmente el Programa Integral de Rehabilitación y Reconstrucción de Puno 1983-1985 conducido por CIPA XV, el Ministerio de Agricultura, la Dirección de Aguas y Suelos y el Proyecto Especial de emergencia de la Corporación de Desarrollo de Puno a raíz de las sequías de 1982 y 1983, cuando se construyeron y/o rehabilitaron 1,143 ha entre andenes y terrazas (García *et al.*, 1990)— es realmente poca la información que ha circulado sobre la sistematización de las experiencias y los resultados obtenidos. Probablemente esto se deba al poco impacto obtenido.

Según García y colaboradores (1990), “los resultados físicos de los andenes rehabilitados no han sido los más adecuados, por que han sufrido deterioro ya sea por falta de drenes o reforestación...”

Ramos (1986a) es una primera excepción, con su sustancioso informe sobre la reconstrucción, refacción y manejo

de andenes en Asillo que presentó en el Seminario Taller “Recuperación de Tecnologías Nativas: Andenes y Camellones (CONCYTEC, 1985) y que fuera publicado en 1986 (De la Torre y Burga, 1986, 1987). Identifica como problemas principales que la gente no tiene tierras, por lo que se hace necesario ampliar la frontera agrícola ante las pocas tierras de cultivo. En la zona existen restos de andenerías arqueológicas como las ruinas de Pucarallacta, en la parcialidad de Sullota. Como los principales problemas de los andenes observa el poco interés en su reutilización, el abandono, el uso de las piedras de los andenes para muros y cercos y su consecuente destrucción, el aumento de la pendiente y la pérdida de la capa arable, pocos terrenos comunales y pequeña propiedad. Determina la existencia de dos tipos de andenes según los suelos: andenes de textura arcillosa (*link'i allpa*) y andenes de suelos arenosos (*aqo allpa*). A partir de los trabajos de Ramos Vera son notorias las ventajas de los andenes en el altiplano y permiten, al mismo tiempo, compararlas con las de los que están situados en áreas geográficas y microclimas distintos. Las ventajas son las siguientes (Ramos, 1986a):

- Reduce la pendiente y, de esta forma, se controla el problema de la erosión.
- Se minimizan los riesgos de heladas al producir mayor turbulencia del viento.

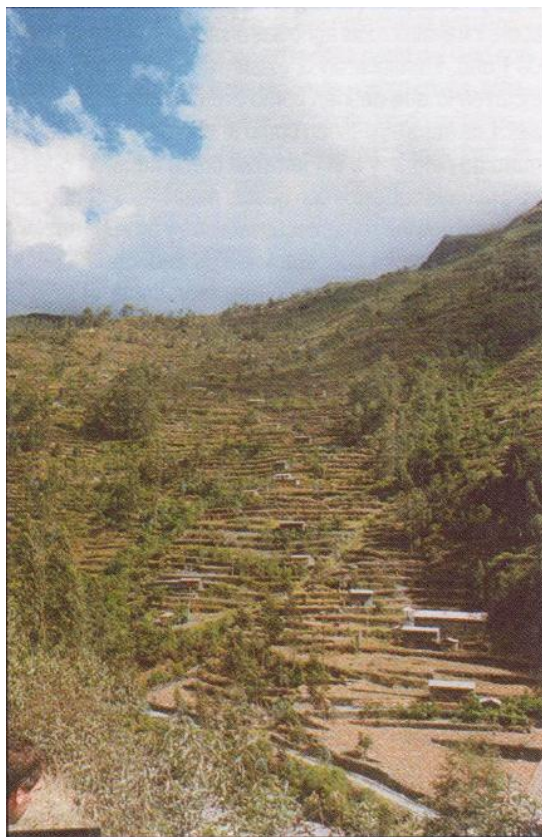


Foto 1. Andenes de Cuyo-Cuyo (Sandia, Puno).

- Se logra una mayor exposición al sol, así se gana mayor energía luminosa, para una eficiente función fotosintética.
- Se controla el agua de escurrimiento, gracias también a los otros componentes (canales diagonales, drenes verticales) para que la humedad penetre en el subsuelo.

Es interesante notar en la descripción de Ramos que el manejo del agua se da principalmente a través de los sistemas de drenaje por medio de la estructura del suelo creada por el hombre. La base está conformada por una capa de piedras, con las más pequeñas en la parte más alta y las más grandes abajo. Esta capa permite el paso de las filtraciones de agua al andén inferior. Sobre la capa de piedras viene una capa arcillosa, más bien impermeable, y encima el suelo de cultivo o capa orgánica. Describe tres tipos de drenes (Ramos, 1986a):

- los que van en dirección vertical y bajan por los lados de los andenes;
- los que van en dirección diagonal, son canales superficiales tipo zanja y alimentan los drenes verticales; y
- el desagüe por la vertiente o principal es de tipo auxiliar, se aprovechan las escorrentías naturales y sirven para las épocas de exceso de agua.

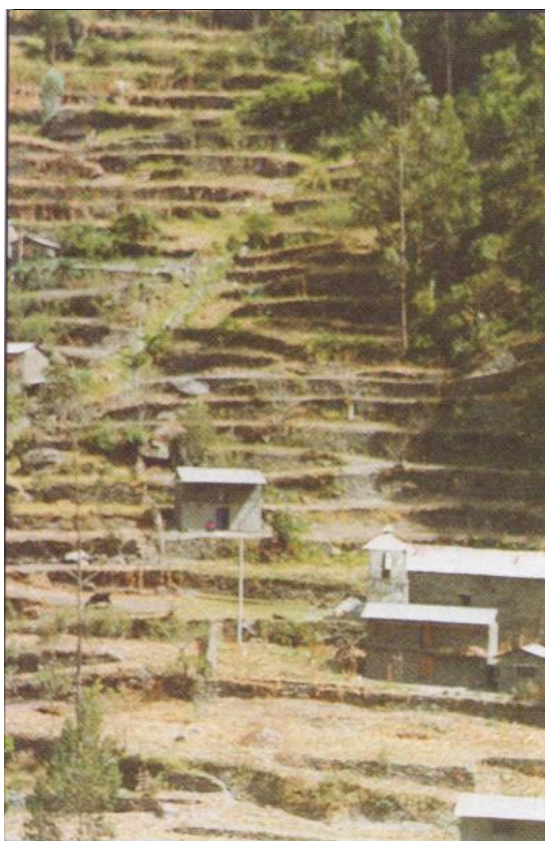


Foto 2. Andenes de Cuyo-Cuyo (Sandia, Puno).

Debido al abandono, estos mismos drenes abandonados hoy día provocan una erosión aluvial que disminuye aún más la disponibilidad de suelo agrícola. En la base de los drenes verticales o del principal se hacen pequeños reservorios, los que se nutren del agua que por ellos baja. Son un medio para aprovechar el agua producida por los escurrimientos. Se usan también pequeños hoyos en lugares de estancamiento de las aguas de escurrimiento. Ramos Vera da también una serie de importantes sugerencias metodológicas referidas a la organización del trabajo a nivel de la comunidad y a nivel interinstitucional. Es un trabajo de mucha importancia para identificar la problemática que el altiplano circumlacustre plantea para la rehabilitación de andenes.

Una segunda excepción sobre la divulgación de resultados de rehabilitación de andenes en Puno se lo debemos a Coolman (1987), quien presenta los trabajos efectuados en la comunidad de Pusalaya. Se trata de andenes situados entre los 3,660 y 4,477 m, a 15 km al sur de Puno y a 25 km del lago. El trabajo se hizo en 1984. La autora refiere la existencia de andenes con riego (Coolman, 1987), a los cuales define como los mejor conservados, especialmente los que están cerca a las viviendas. Allí se da la agricultura con varias cosechas al año, especialmente de los cultivos comerciales. En los andenes sin riego se siembra para el autoconsumo y son los que se encuentran más deteriorados. En ellos se siembra principalmente papa, quinua, oca, olluco, habas y cebada. Los andenes con riego son también arqueológicos. En Picañani se encontraron en pésimo estado de conservación andenes abandonados asociados a sistemas de lagunas artificiales para acumular el agua de filtraciones (Coolman, 1987). Estas terrazas pueden tener 6, 8 y 10 m de ancho.

Coolman describe el proceso de rehabilitación de andenes dividiéndolo en tres momentos: antes, durante y después de los trabajos. En el primer momento señala la identificación, sensibilización y selección de las áreas y comunidades con las cuales se va a trabajar, las formas de organización comunal y el cronograma de trabajo. Para el segundo momento se establecen los procedimientos técnicos como el trazo, nivelación, cimentación, construcción de muros definiendo su altura según la pendiente y el ancho de la terraza, limpieza, transporte y selección de piedras. Como parte del tercer momento vienen varios tipos de actividades. Entre las técnicas están los trabajos complementarios para el buen funcionamiento del sistema, la siembra y cosecha, mantenimiento y refacción de las obras; entre las sociales cita la distribución de tierras entre los campesinos, los productos de la cosecha así como las labores culturales ligadas al trabajo agropecuario. En la construcción de los andenes influyen también las características topográficas y microclimáticas, la disponibilidad de mano

de obra, la existencia de piedras adecuadas, la existencia de tierra fértil para conformar el suelo de la terraza, y el acceso al agua para la preparación del barro. Un interesante resultado aquí presentado se refiere a la inversión de trabajo requerido para la construcción de andenes: En total se consumieron 890 días/hombre; en este caso con un promedio de 4 horas diarias. En base a cálculos de rentabilidad de trabajo, estas corresponden a 445 días/hombre con jornadas de 8 horas.

Por último, el tercer informe publicado sobre las limitaciones y posibilidades económicas de los andenes se refiere a la investigación realizada por García, Velásquez y Enríquez (1990) de la Escuela de Posgrado y de la Facultad de Ingeniería Económica de la Universidad Nacional del Altiplano. Se trata de los trabajos con comunidades campesinas del distrito de Paucarcolla, a 3,813 m, con propiedades en laderas propensas a la erosión hídrica, y en terrenos en llanura sujetos a las constantes inundaciones por la cercanía al espejo de agua del Lago Titicaca. La temperatura promedio es de 9°C y las precipitaciones pluviales van de 600 a 800 mm anuales.

El trabajo en Paucarcolla, con el apoyo de la Microrregión Puno y teniendo como incentivo el reparto de alimentos y programas de apoyo en otras actividades, consistió tanto en rehabilitación de andenes como en construcción de nuevos, en un total de 10.34 ha y con 243 beneficiarios de siete comunidades y sectores campesinos.

En el Cuadro 2 se resumen los resultados de la experiencia, desde el punto de vista económico:

Cuadro 2. Resultados económicos del trabajo en Paucarcolla

	Andenes	Parcelas Testigo
Costo de producción	US\$ 858,29	US\$ 1073,11
Ingreso bruto	US\$ 1187,89	US\$ 1187,89
Ingreso neto	US\$ 329,59	US\$ 114,79

En resumen, la rentabilidad neta en el sistema de andenes es de 30.4% frente al 10.69% obtenida en las parcelas testigo o no andenadas. En cuanto a la utilización de jornadas de trabajo, se observó igualmente un ahorro de fuerza de trabajo en los andenes. Mientras que el sistema de andenería requiere un promedio de 329.60 jornales de trabajo, las parcelas testigo requieren de 361.47 jornales. Lamentablemente los autores no diferencian en sus cálculos económicos entre los andenes rehabilitados y los andenes nuevos, diferencias que deben igualmente reflejarse en los costos.

Los problemas y las prioridades

A partir del resumido estado de la cuestión presentado más arriba, podemos hacer un listado de los problemas detectados para que, luego, en la última parte de esta presentación, podamos postular las prioridades de investigación y desarrollo en la cuenca del Titicaca en lo que a los andenes y terrazas de cultivo se refiere.

a) Caracterización, función y uso

Un primer problema que salta a la vista es la falta de una caracterización sistemática de los andenes y terrazas de cultivo en el altiplano circumpuneño, tanto a partir de sus características formales cuanto de su ubicación agroecológica. El punto de partida de este trabajo debe de ser la realización de excavaciones arqueológicas que permitan constatar la función agrícola de los andenes y terrazas.

Ocurre que en el altiplano del Titicaca se ha asumido que todo andén o terraza tiene (o tuvo) un fin productivo agrícola. Craso error, que quisiera demostrar con un solo ejemplo. Uno de los conjuntos de andenes más característicos y mejor conservados de la región circumlacustre se encuentra en Ichu Incatunuhiri, entre la ciudad de Puno y la de Chucuito. Se trata de uno de los sitios arqueológicos más importantes de la región, ya que en la cumbre del cerro existe un edificio de finas lajas de piedra de la época *Pukara*, asociado a esculturas líticas antropo y zoomorfas y a cerámica de élite. Construido entre los años 250 a.C. y 380 d.C., fue sin duda un centro administrativo secundario dentro de la jerarquía de sitios *Pukara*. Sin duda, los andenes distribuidos en las laderas del cerro corresponden a la misma época, pero la densa cantidad de cerámica diagnóstica de las antiguas culturas Chiripa (1100 - 800 a.C.) y Qaluyu (800 - 400 a.C.), demuestran que fueron construidos con anterioridad.

Pero, ¿qué significa encontrar alta densidad de cerámica en los andenes? Simple y llanamente que en un principio no necesariamente cumplieron funciones agrícolas sino domésticas. No creo equivocarme al afirmar que un porcentaje significativo de los andenes en la zona circumlacustre tuvieron funciones domésticas, por lo menos hasta el período Tiwanaku (700-1200 d.C.). Se trata de aquellos andenes más bajos pero anchos, a diferencia de los posteriores andenes agrícolas que tienden a ser más altos y angostos. Pero esta hipótesis debe ser comprobada con excavaciones arqueológicas puntuales.

Si esta hipótesis tiene algún sustento, es imprescindible que en el futuro, antes de realizar proyectos de rehabilitación de andenes, se efectúen excavaciones arqueológicas que permitan determinar la función original que tuvieron.

ron las terrazas que se desean intervenir. Tengo la impresión de que varios de los proyectos de recuperación de andenes fracasaron por que se trató de practicar agricultura en una infraestructura originalmente construida como plataforma para soportar viviendas.

b) Antigüedad y proceso de desarrollo

Una segunda tarea pendiente de realizarse es un estudio sobre el origen y proceso de desarrollo de las terrazas de cultivo en el altiplano. Hasta el momento, se considera que la construcción de terrazas con fines agrícolas se inicia tan temprano como la construcción de *waru waru* o camellones (circa 1300 a.C.), pero no existen evidencias contundentes al respecto.

A partir del estudio de la distribución de cerámica en sitios arqueológicos que destacan por la presencia de andenes formales, hemos mencionado que estos tuvieron fundamentalmente una función de plataformas para la construcción de viviendas, pudiendo haber existido huertos caseros o pequeñas áreas de agricultura en ellas. Las que parecen ser las primeras terrazas agrícolas verdaderas fueron construidas en asociación con estructuras ceremoniales monumentales, hacia el año 250 a.C. En Pukara, la capital de una sociedad temprana compleja del altiplano del Titicaca, como hemos descrito al principio de este trabajo, se construyó un conjunto de andenes bien estructurados a continuación de y siguiendo la forma de las terrazas arquitectónicas que sirvieron como muros de contención para formar una pirámide escalonada y trunca.

Evidentemente, esta hipótesis deberá ser comprobada en el campo a través de investigaciones arqueológicas diseñadas para estudiar la génesis y el desarrollo de los andenes y terrazas de cultivo.

c) Sistematización de intervenciones para su recuperación

Un último problema, cuya solución considero prioritaria para los futuros proyectos, se refiere a la falta de difusión de los resultados de las intervenciones desarrollistas de los años 80. Salvo las referencias citadas líneas arriba, no se ha realizado un verdadero esfuerzo por sistematizar las experiencias llevadas a cabo, menos aún organizarlas de manera tal que pudieran contrastarse las diferentes intervenciones.

Por otro lado, es importante notar que los proyectos de desarrollo y la "reinención" de las tecnologías tradicionales han sido conducidas sin la participación de arqueólogos, lo que ha significado una atención deficiente a las fuentes originales que ha causado pérdidas irreparables de las

evidencias arqueológicas, lo que en muchos casos ha llevado al fracaso de los propios proyectos. La pérdida de autenticidad de las evidencias arqueológicas tiene ingerencia tanto en el valor meramente histórico de los monumentos, cuanto en el funcionamiento posterior del sistema. Cuando se intenta recuperar tecnologías antiguas sin considerar las características originales (autenticidad) del material usado, de la mano de obra o del diseño, estos proyectos de desarrollo fracasan o tienen resultados limitados.

Recientemente los proyectos de desarrollo han recuperado centenares de hectáreas de terrazas con la participación activa de miembros de las comunidades. En los casos en que se respetó el diseño original de las antiguas terrazas, los andenes están bien preservados y ahora son productivos. En los casos en que los conductores de los proyectos de desarrollo pensaron que sería mejor cambiar los diseños originales, como alinear las terrazas en línea recta en lugar de seguir los contornos irregulares de las colinas, tal vez pensando en términos de la estética moderna o tratando de crear un efecto más "semejante al incaico", las terrazas colapsaron después de las primeras lluvias fuertes y las comunidades vieron sus esperanzas frustradas.

Más aún, cuando los proyectos de desarrollo usaron la organización social tradicional de las comunidades andinas y los principios socioeconómicos de reciprocidad y redistribución, las terrazas se mantuvieron y continuaron usándose aún después de la finalización del propio proyecto de desarrollo. Pero cuando los proyectos escogieron formas no andinas de organización del trabajo, como pagar el trabajo con comida o moneda, una vez terminado el proyecto las comunidades tradicionales abandonaron los andenes, incluso los recuperados con el trabajo pagado por el proyecto en comida o dinero.

La participación comunal es crucial en cualquier proyecto relacionado con la recuperación de tecnologías tradicionales, pero es igual de importante la participación de un equipo multidisciplinario, de mente abierta, para un mejor entendimiento de cómo se trabajaron originalmente esos sistemas de producción.

Una agenda para la sistematización de experiencias de recuperación de andenes

Una de las características más saltantes de los ecosistemas de montaña es que gran parte de las áreas cultivadas se encuentran en laderas, siendo estas, además, los nichos productivos con mayores índices de erosión. En algunos casos, como en los valles intermontanos, las laderas están sujetas a fuerte presión por parte de pequeños agricultores en la medida en que las tierras disponibles en las

zonas planas están controladas bajo la propiedad de grandes agricultores. En otros, como en las zonas más altas, las laderas constituyen los lugares más adecuados por tener una protección natural contra los intensos fríos que ponen en riesgo las cosechas.

La transformación de las laderas en tierras aptas para la agricultura por medio del terraceo tiene una antigua data en la historia de la agricultura. En muchas zonas de montañas, como en los Andes, ellas fueron la alternativa más adecuada para el uso sostenible de un terreno frágil de conservar por la pendiente, o por estar lejanas a fuentes de agua. En otros, en donde la construcción de terrazas no se encuentra dentro del bagaje cultural de las sociedades nativas, su introducción aparentemente se ha convertido en una alternativa viable para la conservación de los recursos de agua y suelo.

En los Andes se han desarrollado durante las últimas décadas distintos esfuerzos para rehabilitar terrazas de cultivo, o introducir la tecnología de acuerdo con las especificidades de cada región. Estos esfuerzos han sido impulsados directamente por el Estado, por organismos de desarrollo no gubernamentales, o por propia iniciativa de los pequeños agricultores. Aún así, se carece de políticas definidas por parte de los gobiernos –o éstas son poco conocidas– sobre cómo actuar y qué recursos invertir para la conservación de las laderas por medio de su transformación en terrazas de cultivo.

Sin duda, una de las razones para que esto ocurra es que son pocas las sistematizaciones de las experiencias existentes sobre rehabilitación de terrazas de cultivo o su transferencia, siendo en la actualidad difícil evaluar con rigor los resultados, y más aún aprender de tales experiencias para su aplicación en ecosistemas similares o en ecosistemas distintos pero con presencia de laderas (las terrazas para el cultivo del arroz en Asia, por ejemplo).

Por tanto, una agenda para el futuro debe considerar la urgente necesidad de sistematizar y evaluar las prácticas tradicionales de conservación de suelos y agua en zonas de laderas, y documentar los factores causales del éxito o fracaso en la adopción de terrazas de cultivo como una tecnología presente en los agroecosistemas de montaña.

Una sistematización como la que propone el Centro Internacional de la Papa (CIP) en el contexto de la Iniciativa Global de Montañas, y que se resume a continuación, debe de considerar los siguientes objetivos específicos:

- Documentar las experiencias de rehabilitación de terrazas agrícolas antiguas o de construcción de terrazas agrícolas nuevas analizando independientemente la

intervención del Estado, de instituciones privadas, o la iniciativa propia del campesino tradicional.

- Evaluar los factores causales del grado e intensidad de la adopción de medidas de conservación, o de su rechazo.
- Contrastar las experiencias existentes y difundir los resultados con la finalidad de equiparlos con ecosistemas similares o con ecosistemas distintos pero con presencia de laderas.

Para ello, deben incluirse en el proceso de sistematización por lo menos los siguientes rubros: documentación de experiencias, evaluación de resultados, y contrastación y disseminación de las conclusiones. Cada rubro debe estar constituido por un conjunto de actividades y sus propias metodologías.

Para la documentación y sistematización de las experiencias de rehabilitación o transferencia realizadas durante las últimas dos décadas, se deben considerar aspectos como:

- La ubicación agroecológica específica del área de terrazas de cultivo rehabilitadas y/o construidas, y su extensión.
- Las características específicas de los sistemas de terrazas: tamaño, altura, forma, disposición en el terreno, etc.
- El proceso técnico de rehabilitación o construcción de la infraestructura de las terrazas de cultivo: material utilizado, rellenos, etc.
- La organización socio económica que sustentó el proyecto de rehabilitación/construcción, la procedencia de los fondos, la participación del pequeño agricultor en la planificación del proyecto, etc.
- El proceso de monitoreo por parte del ejecutor del proyecto una vez terminado, la inversión en infraestructura y el apoyo en actividades relacionadas (aportaciones de semillas, capacitación, etc.).
- Por último, se deben documentar los sistemas vigentes de producción en terrazas, considerando tres elementos fundamentales: la cosecha principal, los sistemas de rotación de cultivos y el reciclaje de nutrientes.

Luego debe realizarse un proceso de evaluación. El objetivo principal de la evaluación de los proyectos de rehabilitación o transferencia de terrazas de cultivo es determinar el grado de aceptación o rechazo por parte de los agricultores de montaña, y entender las causales de ello. Para ello deberían realizarse los siguientes estudios:

- Análisis de la aceptación o rechazo, a partir de la contrastación del área de terrazas existente a disposición de una familia campesina vs. el área bajo producción efectiva.

- Análisis del estado de conservación de las terrazas de cultivo después de terminado el proyecto de rehabilitación o transferencia, desde el punto de vista del estado de operatividad de la infraestructura rehabilitada o construida sujeta a las condiciones medioambientales, después de por lo menos una temporada de lluvia.
- Análisis del costo real de la rehabilitación o construcción de terrazas, y su comparación con el análisis de costos existentes para otras prácticas de conservación de suelo y agua.
- Análisis del incremento de productividad para las familias campesinas, en términos de volúmenes de producción e ingreso en efectivo.
- Análisis del régimen de propiedad sobre la tierra, y el acceso de la familia campesina a la zona de terrazas (propiedad individual, propiedad comunal, alquiler, etc.). Se debe complementar este análisis con el estudio de las legislaciones nacionales al respecto.
- Una última variable tradicionalmente no considerada es

la energía invertida por el pequeño agricultor en la producción en las terrazas frente a otras actividades productivas. Sería importante documentar y analizar el conjunto de actividades productivas realizadas por las familias (cultivo en terrazas, cultivo en laderas, cultivo en llanos, ganadería, comercio, etc.), asignándole valores reales a cada actividad en términos de ingreso familiar.

Por último, con la finalidad de extraer el máximo provecho a las experiencias realizadas, debe procederse a un proceso de contrastación y difusión de los resultados. Además de las publicaciones específicas producto de los resultados de investigación, se deben organizar eventos que, por un lado, permitan comparar los resultados de las investigaciones en los diferentes ecosistemas de montaña, pero que, por otro, permitan intercambiar experiencias con investigadores de ecosistemas similares en donde exista agricultura de terrazas.

3. Experiencias regionales

✎ **Mario E. Tapia, Alcides Rosas y Mario Cáceres**

Terrazas de formación lenta, alternativa para ampliar la frontera agrícola

✎ **Ann Kendall**

Restauración de canales y andenes agrícolas prehispánicos en los Andes usando tecnología tradicional y apropiada

✎ **Medardo Molina**

Manejo de recursos hídricos y conservación de andenes en la comunidad de Aucará, Lucanas, Ayacucho, Perú

✎ **Julio A. Costello y Moshe Inbar**

Características morfológicas de terrazas abandonadas en Catamarca, Argentina

✎ **Hildegardo Córdova**

Ecología cultural de la construcción de terrazas, su abandono y recuperación en el valle del Colca, Arequipa, Perú

 MARIO E. TAPIA¹, ALCIDES ROSAS² Y MARIO CÁCERES³

Terrazas de formación lenta, alternativa para ampliar la frontera agrícola

(Slow formation terraces: An alternative to expand the agricultural frontier)

RESUMEN

En la región de la sierra del Perú, al norte de la latitud 8° S, existen escasas evidencias de la construcción de andenes prehispánicos, sin embargo, el avance en el uso inapropiado de la tierra con fines agrícolas de gran parte de las zonas de laderas, ha ocasionado serios problemas de erosión con pérdida de suelos y formación de cárcavas, así como disminución de la producción de la mayoría de cultivos. Una de las experiencias más resaltantes ha sido la que han llevado a cabo conjuntamente la ONG ASPADERUC y la oficina del PRONAMACHCS en la microcuenca del río Encañada-Tambomayo, en la que en una extensión de 12,000 ha se han habilitado cerca de 1,000 ha con diversos tipos de terrazas de formación lenta. Los resultados indican, además, que el proceso en la estabilización de las terrazas y puesta en producción es un proceso que puede demorar entre 4 y más de 10 años hasta que se consigan las condiciones físico-estructurales del suelo que permitan una producción sostenible.

ABSTRACT

In the sierra region of Peru, north of Lat. 8°S, there are few evidences on the building of pre-hispanic terraces; however, the increase of inappropriate land use for agricultural purposes on most of the hillsides causes severe erosion problems with the loss of soils, ravines formation, and a decrease in crop yields. One of the most interesting works was carried out by the NGO ASPADERUC and the PRONAMACHCS office of the Encañada-Tambomayo catchment river. In an area of 12,000 ha, about 1,000 ha of slow formation terraces were built. It takes between 4 to 10 years until the physical and structural conditions of the soil terraces get stable to enter into a sustainable agricultural production phase.

¹ Consultor independiente en agricultura andina, mariotapia@amauta.rcp.net.pe

² Municipalidad Distrital de La Encañada, Cajamarca, Perú,

³ Consultor independiente en Ciencias del suelo, Cajamarca, Perú, caceres_mario@hotmail.com

Introducción

El proyecto integral de desarrollo de la Encañada (PIDAE) se inició en 1991, con el apoyo financiero del fondo Contravalor Perú Canada, y ha tenido por objetivo mejorar los sistemas de producción agropecuaria de una microcuenca (12,000 ha) en los Andes Norte en el distrito de la Encañada, Cajamarca.

El proyecto ha tenido dos etapas, la primera caracterizada por un plan de metas a cumplirse que incluían la mejora de los suelos, cultivos y ganadería, en base a la participación campesina y con el apoyo de insumos para la producción.

En la segunda etapa se ha considerado el proceso de evaluación de los avances logrados, sobre todo en el manejo de los suelos y la producción de cultivos y ganadería.

Primera etapa

En esta etapa se promovió la acción coordinada de diferentes instituciones del gobierno y no gubernamentales, que tenían el expertis en diferentes componentes para apoyar un proyecto de desarrollo rural integral de la microcuenca de la Encañada (PIDAE), territorio que es ecológicamente representativo de las condiciones ambientales en la zona (presencia de Jalca, zona de laderas y zona de valle) de la cuenca del río cajamarquino (230,000 ha).

Los temas y las instituciones involucradas fueron:

- Conservación de suelos y forestación: Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos PRONAMACHCS
- Mejora de los cultivos y pastos: INIA
- Agroindustria: ITDG
- Biodiversidad y desarrollo rural: Aspaderuc

Diagnóstico

En el diagnóstico efectuado en la zona, con la participación de los campesinos, se subrayó que el principal factor limitante para la mejora de la actual producción agrícola en la zona, era la alta erosión de los suelos, sobre todo en las condiciones de las laderas. El uso inapropiado de terrenos para fines agrícolas, y como consecuencia de este proceso se estaba perdiendo la biodiversidad de los principales cultivos de la zona, como la papa, la oca, el olluco. Y finalmente la nutrición humana en la zona registraba altos índices de desnutrición, sobre todo entre los niños menores.

El mal uso de la tierra estaba confirmado por el hecho de que en la microcuenca existían solo 750 ha de suelos que podían

permitir una agricultura con ciertas restricciones (clase IV, según la clasificación FAO), y en la realidad se cultivan mas de 1,500 ha con extensas zonas dejadas para descanso.

Plan de trabajo y resultados

Habiéndose elaborado un plan de trabajo para los tres primeros años del proyecto, con metas bien establecidas, hasta 1995, los principales logros que se pueden mencionar son:

- se han podido habilitar en la zona más de 800 ha de terrazas de formación lenta, construcción de cercos, y acequias de infiltración (con la participación de Pronamachs);
- se han construido 54 almacenes de semilla de papa (Aspaderuc/INIA);
- se han organizado las denominadas ferias de las semillas, además de convocar a talleres temáticos con los campesinos; y
- se ha apoyado al intercambio de semillas, como metodología para el rescate de la biodiversidad.

El intercambio de material genético entre los diferentes caseríos de la microcuenca, y de otras zonas cercanas, ha permitido un incremento en el uso de las variedades nativas de papa y otros cultivos de la región; finalmente se ha puesto en funcionamiento una planta agroindustrial movida con energía hidráulica que permite la transformación de los granos de la zona.

La habilitación de terrazas de formación lenta

Esta ha sido la actividad central del proyecto y ha permitido la movilización de 92 grupos de trabajo que incluían la participación de entre 12 y 20 familias por grupo.

Los grupos de trabajo estaban constituidos por las familias, que comúnmente se organizan en aynis o prestaciones de trabajo. Por esa razón es que fácilmente se pudieron poner de acuerdo en cómo construir las terrazas.

Los grupos de trabajo que mostraban interés en la habilitación de terrazas recibían en compensación un grupo de herramientas que les permitiera trabajar, y se comprometían a dedicar un día a la semana a las labores de conservación de suelos.

Los grupos de trabajo pasaban por el proceso de participar en un taller de planificación y en el cual se establecían las metas a cumplirse. Cada grupo de trabajo, sin embargo, ha tenido su propia propuesta de trabajo, ritmo de avance y definición de áreas a ser habilitadas.

Un técnico de PRONAMACHS visitaba semanalmente al grupo para verificar el avance de los trabajos y corregir cualquier falla o labor no apropiada.

Las terrazas, se ha estimado, pueden demandar entre 600 y 850 jornales por hectárea, dependiendo de factores como profundidad del suelo, pendiente y disponibilidad de material, bien sea la terraza con muros de piedra o de tierra.

Con el incremento del rendimiento en papa, y la reincorporación del cultivo de especies nativas como la quinua y el chocho, se ha promovido un plan de acción contra la desnutrición infantil, que permitirá revertir la actual situación de tener más del 60% de niños menores en proceso de desnutrición crónica, a pesar que en la zona existen los productos para conseguir una buena alimentación.

El proyecto ha apoyado la creación de un Comité de Desarrollo de la Encañada, CODE, el cual está conformado por miembros del gobierno municipal, así como la participación de las principales instituciones de desarrollo en el distrito.

Segunda etapa: estudios para un desarrollo sostenible

En una segunda etapa el proyecto (1995-1997), con el apoyo de la oficina de CONDESAN, se ha dedicado a la evaluación integral de los recursos naturales, habiéndose levantado un estudio detallado de los suelos, elaborado

un informe sobre los recursos hídricos de la zona, así como un catastro de las parcelas agrícolas y un inventario de la flora local, con la participación de diferentes especialistas de la zona, de la Universidad de Cajamarca.

Esta evaluación integral ha permitido que el CODE haya tomado las decisiones más apropiadas en un plan de desarrollo distrital, que debe continuarse por las próximas décadas, y en el cual debe existir una total participación campesina.

Con la instalación de tres estaciones meteorológicas, en convenio con la ONG Asociación para el Desarrollo Forestal, ADEFOR, y la instalación de parcelas de escorrentía, se tiene la información sobre las condiciones climáticas de la zona, así como una evaluación del proceso de erosión de los suelos.

La metodología seguida en la evaluación de los recursos naturales y los resultados de la experiencia en la mejora del manejo de suelos, semillas y su transformación, han permitido elaborar un plan de acción para el desarrollo y mejora de la producción agropecuaria, que será implementado por el gobierno municipal en los próximos años.

El proyecto, en este sentido, marcha hacia un proceso en el cual los propios actores y beneficiarios están promoviendo y gestionando las alternativas de desarrollo que permitan un mejor manejo de los actuales recursos, para lograr un desarrollo sostenible.

Restauración de canales y andenes agrícolas prehispánicos en los Andes usando tecnología tradicional y apropiada

(Restoring pre-Hispanic Andean irrigation canals and agricultural terraces with appropriate traditional technology)

RESUMEN

El Proyecto Cusichaca, en su primera fase de desarrollo rural, entre 1981 y 1985, se ocupó de la rehabilitación de andenes en 45 ha de tierras y de la restauración de 7 km. del canal de Quishuarpata en pendientes de hasta 61%, empleando tecnología tradicional. Luego, en convenio con la Universidad San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), llevó a cabo un proyecto de extensión agrícola con la finalidad de apoyar a 18 agricultores locales en la obtención de cosechas exitosas en los andenes, en los cuales con aportes de herramientas, semillas y asistencia técnica, se lograron dos cosechas anuales con poca aplicación de fertilizantes y agroquímicos. Una clara mejoría en la economía local fue evidente, el excedente de las cosechas fue llevado al mercado y esta operación se verificó como sostenible en las evaluaciones de 1992, 1998 y 2000. Entre 1991 y 1995, se amplió el proyecto de rehabilitación para restaurar el canal superior de Pumamarca, en el valle de Patacancha, conjuntamente con la comunidad central de Ollantaytambo. Este canal Inca ahora lleva riego a 160 ha de andenes en Pumamarca y Choquebamba, en los cuales se hicieron obras de restauración y rehabilitación entre 1994 y 1997.

ABSTRACT

The first large-scale program conducted by the Cusichaca Project took place between 1981 and 1985. It consisted of the rehabilitation of 45 ha of terraced land and the restoration of 7 km of the Quishuarpata canal. Sections of collapsed areas and structures on slopes up to 61% were rebuilt. The project, working together with the Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), subsequently helped 18 local farmers to produce successful crops on terraced soil. Using tools, seeds, and with technical assistance provided by the project, two annual crops were obtained with little addition of fertilizers and agrochemicals. A clear improvement of the local economy was evident and the sustainability of the effort was proved. Between 1991 and 1995 the Pumamarca canal rehabilitation was performed working with the central community of Ollantaytambo. At present this Inca canal waters 160 ha of Pumamarca and Choquebamba terraces, where restoration works were carried out between 1994 and 1997.

¹ Cusichaca Trust, Andahuaylas, Apurímac, Perú. Institute of Archaeology, University College London, Londres, Inglaterra, eannkendall@hotmail.com

Introducción y base conceptual

La pobreza rural, que es la causa de la migración a los barrios mas pobres de la ciudad, está en constante aumento día a día y es un serio problema en el Perú y en muchos países en vías de desarrollo, que en el pasado han sido grandes productores de alimentos. Frente a los bajos precios de la producción agrícola en los mercados nacionales, los agricultores con mejores posibilidades han preferido volcarse hacia la economía monetaria, antes que limitarse a la economía de subsistencia. Como consecuencia, los campesinos más pobres, quienes dependían del trabajo agrícola que les proporcionaban los agricultores más pudientes, se hallaron ante la imposibilidad de alimentar a sus familias, y sobreviven en un nivel de subsistencia precario, mediante trabajos temporales en otros lugares.

Es necesario encontrar soluciones para maximizar la producción de recursos alimentarios, y apoyar la agricultura en andenes como un sistema de vida viable dando empleo a los agricultores, y contribuyendo a la seguridad alimentaria mundial.

La gran extensión de los andenes, construidos por las civilizaciones prehispánicas en los Andes centrales, es una herencia importante que tiene el potencial de lograr niveles de producción agrícola, que justificarían su cultivo permanente, mejorando las condiciones de vida de las comunidades rurales.

En las poblaciones rurales de estos países existen algunos proyectos de desarrollo que proponen proyectos de agricultura intensiva a gran escala, que requieren de una tecnología avanzada, de asesores científicos y que, a menudo, resultan insostenibles. La alternativa es crear soluciones más simples y apropiadas, que puedan ser comprendidas por la gente local, que utilicen los materiales y técnicas locales y que funcionen dentro de formas tradicionales de organización social.

Se cree que en muchos lugares en vías de desarrollo, pero particularmente en los Andes, las poblaciones rurales pueden incrementar su producción agrícola rehabilitando su infraestructura, utilizando tecnología tradicional y trabajando con recursos locales. La restauración de los sistemas de irrigación es el primer paso importante para maximizar la productividad de los andenes en zonas ecológicas quechuas entre los 2,000 y los 3,400 m de altitud. Por muchas razones históricas, muchos canales pre-incaicos e incaicos han caído en desuso, algunos se encuentran enterrados, otros están siendo utilizados como senderos, y unos pocos permanecen en uso, pero

con un bajo rendimiento. Lo que caracteriza a los métodos antiguos de construcción es su tecnología simple y durable, con materiales locales, y su adecuación a un ambiente que ha sido utilizado con métodos de labor intensiva y no con capital intensivo.

La Fundación Cusichaca Trust (CT), que se fundó en 1977, ha promovido una “escuela” de tecnología tradicional agrícola para la restauración de los canales de irrigación y andenes incaicos. En los últimos 20 años, los estudios de la Fundación Cusichaca Trust en arqueología y medio ambiente y su trabajo sobre desarrollo rural han sido pioneros. En el distrito de Ollantaytambo (figura 1) se hicieron dos proyectos innovadores de restauración agrícola en dos valles: Cusichaca (figura 2) y Patacancha (figura 3). Estos proyectos han mostrado el éxito de este enfoque y han restaurado más de 200 ha de tierras irri-

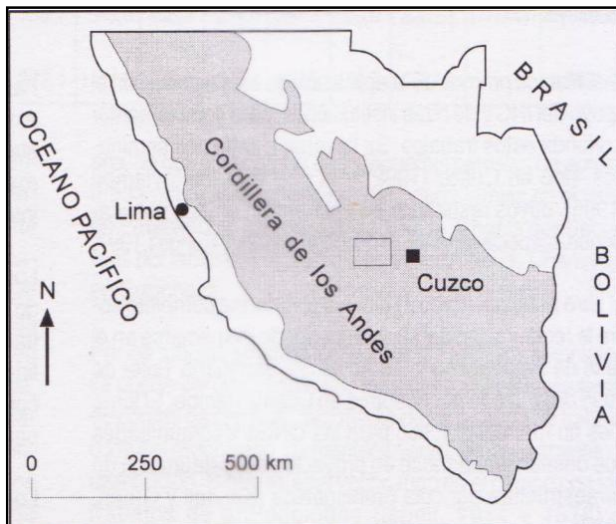


Fig. 1. Ubicación en el Perú del área de trabajo.

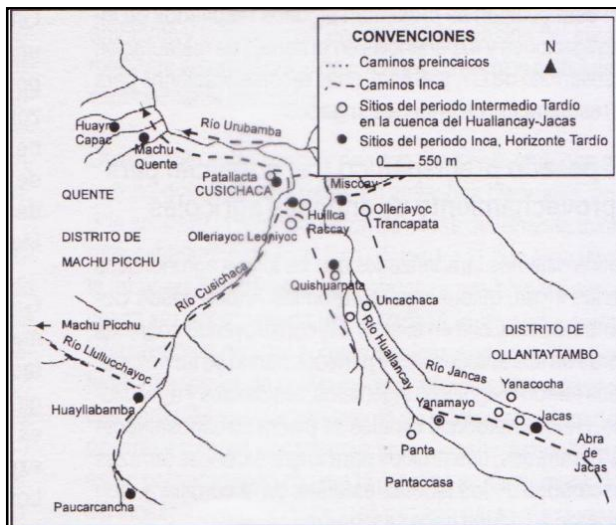


Fig. 2. Proyecto Cusicacha: restauración del canal de Quishuarpata.

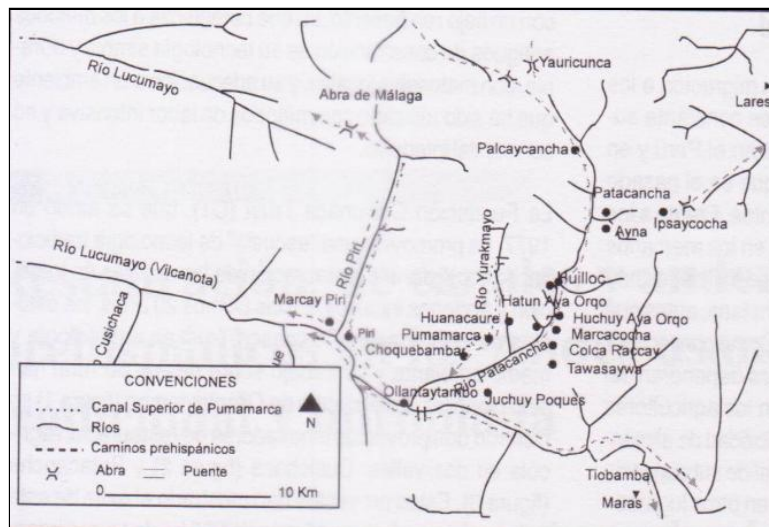


Fig. 3. Proyecto Patacancha: restauración del canal superior de Pumamarca en Ollantaytambo.

das. Hemos promovido la aplicación de esta técnica con el apoyo del INC y de otras instituciones, para complementar y difundir estos trabajos. Se llevaron a cabo dos seminarios, uno en Cusco (1992) y el otro en Ollantaytambo (1995), cuyos resultados se encuentran en dos publicaciones, respectivamente, en Kendall, 1992a y Kendall, 1997.

El libro principal (tomo 1) incluye un informe completo sobre la restauración del canal superior de Pumamarca en el valle de Patacancha y las Actas del Seminario Taller de 1995 organizado por nosotros en Ollantaytambo. El tomo 2 es un manual práctico para las ONGs y comunidades que desean embarcarse en proyectos de restauración de infraestructura agrícola prehispánica (Kendall y Green, 1997).

En esta ocasión se presentan algunos resultados de investigaciones y experiencias en el trabajo de restauración y desarrollo de CT, y, al final, unas recomendaciones para la restauración de andenes irrigados.

El pasado prehispánico y el potencial para aprovechamiento de andenes agrícolas

Todos estamos familiarizados con los logros agronómicos de los incas, quienes gobernaron los Andes desde Colombia hasta Chile en el siglo XV, construyendo sobre las obras de sus antecesores y perfeccionando su tecnología. Ellos fueron magníficos ingenieros, arquitectos y agricultores. Hemos heredado canales de piedra cuidadosamente estructurados, contruidos para irrigar extensas terrazas rescatadas de las laderas estériles de la cordillera, que tuvieron su origen hace casi tres mil años.

En el lago seco de Marcacocha, en el valle de Patacancha, a 3,400 m, CT obtuvo la primera muestra de sedimentos para evaluar su potencial para estudios paleoecológicos. Posteriormente, the Botany School, Universidad de Cambridge, amplió la investigación con el análisis de Chepstow-Lusty *et. al.* (1996). El posterior análisis del polen en el laboratorio mostró que ya no habían árboles locales 2000 años a.C., a lo que siguió una drástica erosión de los suelos, lo que causó un serio retroceso en la actividad agrícola y en la ocupación humana a lo largo del primer milenio d.C., al final del cual hubo aumento de temperatura y sequía. Subsecuentemente, el sistema de andenes fue introducido (para lo cual

hay también buena evidencia arqueológica), y se utilizó extensamente para controlar y neutralizar la erosión de la tierra, lo que dio como resultado un incremento en el número de los asentamientos humanos y en la actividad agrícola intensiva desde c. 1050 d.C.

Los incas alcanzaron su nivel más alto en el "Valle Sagrado" del Vilcanota, donde los gobernantes incaicos demostraron ser maestros en el desarrollo a gran escala, consolidando su administración y el control sobre los pueblos conquistados, ejecutando trabajos similares en todo el imperio.

Los estudios arqueológicos de CT y los cálculos de áreas bajo irrigación antes de la conquista española han demostrado que los incas, solo en el distrito de Ollantaytambo (cuadro 1), podrían haber sostenido a una población foránea de más de 100,000 habitantes, por medio del excedente estimado de producción de la zona. (Kendall, 1991a) Las cosechas de los andenes de este distrito ubicado en el valle del Vilcanota debajo del Urubamba (en los siete valles laterales del distrito de Ollantaytambo), han podido ser redistribuidos en Machu Picchu y en la capital del Cusco.

Gran parte de esta estrategia del uso de la tierra, y la mayor parte de su infraestructura y tecnología, han estado abandonadas o perdidas. ¿Cómo ha podido surgir esta situación? La conquista española de los Andes es un ejemplo clásico de la adquisición de riqueza a expensas de una economía autosostenible existente. Los conquistadores vivieron por décadas de los almacenes llenos de comidas y suministros de los incas. No entendieron la ventaja de mantener el sistema agrícola,

Cuadro 1. Estimación en hectáreas del área cultivada entre Ollantaytambo y Torontoy, valle de Vilcanota y tributarios, provincia de Urubamba.

	Valle Patacancha		Valle Piri		Tanccac Piscaycucho	Cachiccata Paron	Sillque (Incluido confluencia)	Cusichaca y Huayllancay (Incluido confluencias)	Salapuncu Torontoy	Totales	Cosechas anuales	Terreno bajo cultivo anual
Andenes preinca	209,0	11,8	35,2	24,2	91,6	137,9	46,2	226,8	—	782,91		
Andenes Inca	169,4	266,7	75,4	111,2 (94,8)	337,2 170,8	110,1	262,5	134,4	65,0	1531,9 170,8		
Total de andenes con irrigación	378,4 +	278,5	110,6 +	135,4	599,6	248,0	308,7	361,2	65,0	2485,6	(x2)	=4971,2
Campos en laderas altas (HSFS)	685,0		328,5 +	136,7	545,0	458,4	257,0	561,7	80,0	3202,3	(-70%)	=960
Total de terrenos bajo cultivo	1213,4 +	278,5	439,1 +	272,1	1144,6	706,4	565,7	922,9	145,0	5687,9		5931,9

que sufrió y se degeneró como resultado de la discontinuidad cultural, de la despoblación a través de enfermedades y por el trabajo en las minas y la falta de manutenzione. Después de la formación de grandes haciendas y una recuperación parcial en los siglos XVII-XVIII, hubo otra declinación después de las guerras con Chile y la transferencia del mercado de maíz en Cochabamba, Bolivia, que continuó hasta el presente, donde se incrementó la desestructuración y fragmentación de propiedades en unidades más pequeñas y arrendadas. Esto no revirtió con la Reforma Agraria en los últimos años de la década de 1960 y los primeros de 1970, y la mala administración del mismo causó el deterioro más amplio de la estructura sobreviviente y del medio ambiente. Lo peor fue la honda depresión económica de los años 1970-80. Los bajos precios agrícolas nacionales desanimaron a muchos agricultores, causando un flujo dramático de población hacia áreas urbanas, que aumentó durante los conflictos entre guerrilleros y contrarevolucionarios desde 1983 hasta 1991.

Hoy en día muchos andenes rinden al máximo una producción apenas de autosubsistencia. En el distrito de Ollantaytambo, para el período incaico se ha estimado una población cercana al mismo nivel de ahora, o sea, alrededor de 8,270 habitantes (en 1989). La mayoría de los agricultores ha tenido que depender de las lluvias y no del riego, trabajando las tierras en un ciclo de barbecho de 7 años de descanso. Desde que CT comenzó a trabajar, cerca de un cuarto de esta población ha obtenido el acceso a tierras capaces de producir con un sistema bianual, o

sea, de dos cosechas al año: pequeñas parcelas de aproximadamente media hectárea para cada familia en el valle de Patacancha, con un total de 160 ha, y hasta dos hectáreas por familia en el caso de los agricultores de Chamana, en Cusichaca.

Por las fuentes etnohistóricas y por los archivos coloniales se puede ver claramente que los incas tuvieron un sistema de control de alto nivel, por medio de un sistema de trabajo comunal organizado, de mantenimiento, almacenamiento y distribución, lo que se está verificando en el campo con los trabajos de antropólogos (Isbell, 1974 y 1978) y arqueólogos como Morris (1967) y Huaycochea (1994). Ellos entendieron la importancia de conservar su medio ambiente y la necesidad de prevenir la erosión del suelo mediante la construcción de andenes con suelos artificiales especialmente escogidos.

Obviamente estas condiciones con riego para andenes en la zona quechua, que permiten cosechas bianuales, podría justificar la reintroducción de obras de rehabilitación más extensamente en el Perú (fotos 1 y 2). Sin embargo, la recuperación de esta infraestructura pre-hispánica necesita ser acompañada por la capacitación y educación intensiva para mejorar normas técnicas y aportes. Los sistemas complejos de apoyo mágico-religioso a las actividades agrícolas y el mantenimiento de la infraestructura del pasado están en decadencia hoy, y pocos agricultores están preparados (como era la práctica en los tiempos de los incas) a sembrar dos veces por año para tener ingresos anuales más elevados.



Foto 1. Canal de Quishuarpata (izquierda) y restos de andenes preincas (derecha).

Solo con el soporte técnico apropiado y activo, además de la capacitación y educación en todos los aspectos de restauración, mantenimiento de infraestructura agrícola, cuidado de semillas en el almacenamiento, buen acceso a las tierras, control de animales, reforzamiento de fertilizantes naturales y comprensión y buen acceso al mercado, podemos tener la esperanza de ver un desarrollo económico para los agricultores y la realización del potencial completo de los andenes (lo que podría ser muy provechoso y extensamente beneficioso en la producción nacional de alimentos).

Experiencia y prácticas en la restauración de sistemas de andenería

Un proyecto inicial con la comunidad de Chamana, en Cusichaca, ofrece un modelo para el tipo de restauración de bajo costo que es posible realizar en áreas donde la infraestructura agrícola podría ser reinstalada utilizando la tecnología tradicional. Los programas de autoayuda de la comunidad que siguieron enfocaban problemas locales y proponían soluciones localmente inspiradas, utilizando materiales y recursos locales con un costo mínimo. Ahora han sido desarrollados en proyectos más grandes con objetivos más amplios, que técnicamente puedan ser aplicados en otras regiones y países andinos.

En las dos últimas décadas, trabajando estrechamente con comunidades locales deseosas de recuperar sus canales de riego, el CT ha hecho una serie de estudios de la metodología y de las ejecuciones de restauración basados en los sistemas agrícolas prehispánicos, dirigidos al desarrollo rural. Los estudios de viabilidad empezaron ayudando a comunidades pequeñas a restaurar y mantener algunos canales existentes que estaban fuera de servicio o dañados. En 1977 se llevó a cabo un primer ensayo con dos familias locales para reconstruir una sección recién caída de

un andén alto, al lado del río Cusichaca, que sostenía un canal de irrigación incaico.

Las familias quechua-hablantes mostraron su habilidad innata moviendo y manejando piedras pesadas, colocándolas en la pared de sustento del andén. Ellos querían usar cemento (como nuevo material mágico) en preferencia a los materiales básicos tradicionales como arcilla, arena y piedras, utilizados tradicionalmente por los antepasados. En la sierra, los incas construyeron los canales y andenes en los sitios elevados con piedras y poco barro como mezcla, utilizando tierra arcillosa o arcilla para sellar, y arena para un óptimo drenaje. En una zona geológicamente jo-



Foto 2. Resultado de la restauración del canal de Quishuarpata: la meseta de Huilla Raccay rehabilitada bajo riego para dar dos cosechas al año.

ven, sísmica, propensa a terremotos, la arcilla tiene la ventaja de ser un material excelente, plástico y moldeable. Al contrario, el cemento no tiene plasticidad y se rompe fácilmente. Otras desventajas del cemento son que se requiere hacer una mezcla bien calculada, el costo es de US\$7 por bolsa, se requiere transportarlo al sitio y, una vez que aparecen grietas –por más pequeñas que sean–, estas se extienden rápidamente.

Se han reconstruido más de 14 km de canales de piedra en dos proyectos con tecnología tradicional, en Cusichaca y en Patacancha. Hay pocas otras instituciones que restauran sin priorizar el uso de cemento y hormigón, aparentemente porque en los estudios de factibilidad se puede mostrar una recuperación del costo más veloz y por la progresión de la obra, que se construye más rápidamente con personal experto de fuera de la zona. Este último método no toma en cuenta la sostenibilidad de la que dependen los beneficiarios, quienes no pueden mantener estructuras construidas de cemento sin contratar obreros experimentados de afuera.

Además de las ventajas de la utilización de recursos locales, el uso de la tecnología local es una solución a largo plazo (que también permite conservar toda la vegetación debajo de la línea del canal) que puede ser manejada y sustentada en su uso, y controlada por los beneficiarios. Por eso se necesita entrenamiento apropiado y refuerzo de la tecnología tradicional local durante la ejecución del trabajo de restauración, asegurando que se pueda mantener adecuadamente una obra después de finalizada.

Una vez que los andenes son rehabilitados, su mantenimiento debe incluir el disuadir del uso de tractores que, además de ocasionar el derrumbe de muros de andenes, causa daños debido a la compactación de la estructura y del suelo del andén, cambiando la composición del mismo. Los fertilizantes y pesticidas químicos tendrán un efecto similarmente dañino para el sistema de biomasa y autosuficiencia de andenes (ver Proyecto Patacancha más abajo).

Frente a la cuestión de la mano de obra, el arado español ha sido una importación positiva para la preparación del terreno.

El Proyecto Cusichaca

En su primer proyecto integral CT intentó rehabilitar 45 ha de tierra, restaurando los 7 km del canal de Quishuarpata. El **primer paso**, la investigación y las consultas con ingenieros, científicos de suelos y antropólogos, se completó en 1980. Durante la investigación arqueológica se pudo saber que el canal era de fecha preincaica (estimado en 1000 d.C.), pero había sido rediseñado y reconstruido en

partes durante el período incaico. El **segundo paso**, en 1981-1983, consistió en excavar y restaurar el encausado del canal con agricultores locales, haciendo la labor manual entre los ciclos de estaciones agrícolas (junio a agosto) y recibiendo entrenamiento de un experto en restauración del INC. Este trabajo incluyó la restauración de secciones derrumbadas a lo largo de pendientes escarpadas y con caída de hasta 61 por ciento. El promedio del conducto de agua varía de 50-60 cm en las partes de menor pendiente, mucho de ello intacto bajo tierra, que nuevamente empezó a llevar el agua de riego a los andenes anteriormente abandonados. Se pensó que los andenes eran del período Intermedio Tardío (último preincaico), y cuando fueron investigados por la especialista en suelos Helen Keeley se encontró que tenían buen espesor de tierra agrícola similar a andenes incas, pero pocos nutrientes. De todos modos, se esperaba ablandar la tierra por irrigación y arado, y que al romper la tierra con la primera cosecha se necesitaría fertilizante orgánico. Fue interesante observar que el talúd y los muros de muchos andenes habían sido prolongados y reconstruidos en el pasado, y que se habían incorporado paredes adicionales de piedras toscas que habían estabilizado el talúd –quizá los restos de un mantenimiento en el pasado que incluyó el recojo de las piedras de la superficie de los campos.

El **tercer paso** consistió en apoyar a 18 agricultores locales para la producción exitosa de cosechas en los suelos anteriormente secos y duros de los andenes. La ayuda consistió en proporcionar herramientas, capital de semillas y capacitación de un técnico experimentado en productos andinos, supervisado por la Estación de Investigación Agrícola de Kayra de la UNSAAC (Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco).

El resultado es que los andenes se cultivan ahora permanentemente con un mínimo de agroquímicos, abono animal. Una mejora marcada en la economía local fue evidente al llevar el excedente de la cosecha a los mercados a lo largo de la vía férrea Cusco-Quillabamba. Las cosechas incluyen papas (para soltar/quebrar la tierra), quinua, maíz y una importante reintroducción de kiwicha, usada extensamente como harina nutritiva. Una evaluación, en 1992, confirmó que la rehabilitación agrícola proveía un ingreso exitoso para los agricultores locales de Chamana en Cusichaca. Los agricultores dijeron que estas tierras continuaban produciendo permanentemente y mejor que otras en el área. Víctor Pacheco informó que los agricultores habían aprendido a desistir del uso de fertilizantes artificiales que habían dañado las tierras que cultivaban anteriormente. El tamaño de las familias no había aumentado, más bien las familias habían aprendido a limitar su número y a

maximizar los beneficios resultantes, y habían mejorado la escuela.

En una última evaluación socioeconómica Abanto estimó un 80% de cumplimiento en el proyecto de rehabilitación.

El Proyecto Patacancha

El CT inició un segundo proyecto de restauración más ambicioso, en el valle de Patacancha, con 202 familias beneficiarias directas que posteriormente aumentaron. También se entendió más completamente la sofisticación de los andenes incaicos. Las investigaciones de la andenería de Choquebamba (fotos 3 y 4) mostraron que se habían construido con paredes inclinadas y masivas para sostener un relleno de un metro de piedras (para buen drenaje) y un metro de suelo de buena textura. La base de tierra arcillosa

y el uso de una proporción mayor de arcilla en partes bajas de la pared de apoyo resultó en un sistema virtual de biomasa que guardaba su humedad (figura 4).

El uso de arcilla para reforzar la retención del agua en un andén incaico bien construido había sido también encontrado por Juan Núñez del Prado en Pisac (comunicación personal), quien sugirió que la arcilla actuaba como un forro intencional de la base del andén. El resultante sistema de biomasa, que refuerza la actividad biológica, promoviendo un aumento de la temperatura y la fertilidad de la tierra, asegura un rendimiento alto con agricultura orgánica. El uso de pesticidas o fertilizantes artificiales en este tipo de sistema de andenería destruiría este productivo y autosostenible ciclo de fertilización natural.

En 1989, luego de la investigación del área (con la participación de miembros de la comunidad), CT había propuesto, junto con la comunidad, una estrategia para mejorar radicalmente el rendimiento agrícola del valle. Complementariamente, se encaminaron programas prácticos de educación para mejorar la salud, la higiene y la dieta, basados en las organizaciones comunales de mujeres, y para promover la conservación del medio ambiente. El enfoque céntrico fue la restauración de 6 km del canal superior de Pumamarca, que empezó en 1991.

La parte más calurosa y baja de este valle, de 2,800 a 3,400 m, estaba abundantemente desarrollada en tiempos prehispánicos, con obras de irrigación desde los riachuelos que nacen de los deshielos hasta la andenería bien construida. Cuando los agricultores de la parte baja del valle de Ollantaytambo comenzaron a trabajar en la restauración del canal, fueron ayudados por sus vecinos más tradicionales, quienes aceptaron el trabajo gustosamente a cambio de alimentos y una propina.

Durante casi cuatro años la Agencia Británica de Desarrollo de Ultramar (ODA) apoyó con el trabajo de un maestro, 5 albañiles capacitados en trabajos de construcción con piedra y 22 obreros, totalizando 1,188 meses/hombre, dando como resultado la rehabilitación bajo riego permanente de 160 ha de andenerías de primera calidad. Los beneficiarios de la comunidad también contribuyeron con 2,500 días/hombre para la limpieza de vegetación de las cercanías del



Foto 3. Vista de los andenes de Choquebamba, valle de Patacancha.



Foto 4. Consolidación y restauración de los andenes de Choquebamba.

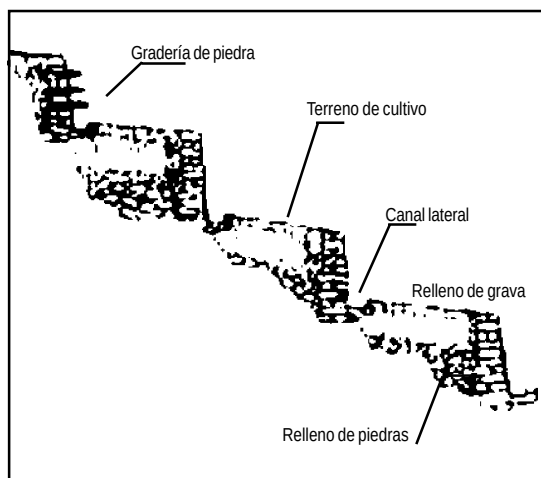


Fig. 4. Sección transversal de un andén Inca.

canal y acumulación de materiales. Cuando se repartieron los andenes, casi se dobló el número de miembros retornantes a la comunidad.

Una segunda fase de trabajo financiado por el Fondo General de Contralor Perú-Canadá (FGCPC) activó el cultivo permanente en andenerías entre 1994-1996. Los financiadores aportaron también el capital para la semilla y para la construcción de almacenes, y proporcionaron un aporte para una mejor organización de la comunidad.

Excluyendo algunas donaciones de apoyo de alimentario por la Oficina Nacional de Apoyo Alimentario (ONAA) y CARITAS, el costo total directo de la restauración del canal fue de US\$ 175,787, con el FGCPC proporcionando un fondo adicional de US\$ 112,000 para restaurar andenerías y para capital de semilla.

Basándose en el rendimiento de 1994/1995, cuando 43 ha de andenes daban una sola cosecha, representando una ganancia de US\$ 38,907 en cuatro años, la inversión podría potencialmente recuperarse en las 160 ha. Con 50 por ciento de los andenes produciendo dos cosechas anuales se podría tener una ganancia encima a los US\$ 216,000 en un solo año.

La restauración del canal de Patacancha permitió el entrenamiento de futuros maestros expertos, capataces y albañiles semiexperimentados, para futuros proyectos cercanos y más extensamente en el Cusco.

En la evaluación socioeconómica de CT (Arce y Abanto, 2000), se encontró que por problemas de derechos de terreno y acceso se había llegado a realizar sólo el 30 % del valor económico proyectado, pero siempre con la esperanza de que la comunidad ganara el juicio y lograran mayor beneficio –lo que ha sucedido actualmente.

Conclusiones

La diseminación de estas experiencias de CT se dieron gracias al impulso de David Canal, supervisor/coordinador del Proyecto y dos veces Presidente de la Comunidad, quien ha fundado en noviembre de 1995 y establecido junto con algunos miembros locales del Proyecto Patacancha, la nueva ONG ADESA (Asociación Civil para el Desarrollo Social Andino y la Investigación Interdisciplinaria). Con algún apoyo temporal de transición de CT y con fondos de FGCPC para un programa nuevo de trabajo que empezó en 1997, ADESA continuará trabajando en el área.

ADESA llevó a cabo en 1997 un trabajo de mejora en el proyecto en un canal existente que funciona a un bajo nivel de eficacia. A US\$ 6,000 por km (comunicación personal), se espera que los costos sean más bajos que en el caso del canal de alto Pumamarca (que era un proyecto ambicioso en terreno difícil y escarpado). Varios otros proyectos han sido emprendidos en Cusco. También se espera que el INC incluya proyectos con más preocupación por el aspecto agro-económico, además del atractivo turístico que se logra con la restauración.

Por consiguiente el ciclo de desarrollo está bien ilustrado. La iniciativa vuelve una vez más a las comunidades locales, quienes se espera ahora se sientan con fuerza y estén preparadas para hacer incursiones más amplias en la resolución de sus problemas, elevándose ellas mismas encima de la línea de pobreza, comenzando a revitalizar sus mejores tierras agrícolas.

CT ahora trabaja en Ayacucho y Apurímac, que han sido designadas áreas de prioridad por el gobierno a consecuencia de las guerrillas y confrontaciones contrarrevolucionarias. Un promedio del 20 por ciento de la población se desplazó por las confrontaciones, pero han comenzado recientemente a regresar.

Acerca de la aplicación del enfoque de tecnología tradicional, se siente la necesidad de no limitar esto a la restauración de sistemas antiguos. Los ingenieros que trabajan para el Plan Meriss me informaron que ellos recomendaban el uso de tecnología tradicional en nuevos proyectos de irrigación, en áreas de acceso difícil en los Andes como Apurímac; donde la arcilla es usualmente disponible. También se piensa que esta aplicación podría tener potencial práctico más allá de los Andes en América del Sur e inclusive en partes de África, del Medio Oriente y del lejano Oriente.

La importancia de la experiencia y relaciones desarrolladas por CT en comunidades locales que requieren ayuda externa en la restauración y desarrollo de su infraestructura antigua, es la posibilidad de que ello pueda proporcio-

nar algunos ejemplos básicos para llevar adelante en alguna manera los temas a ser expuestos en el simposio. El enfoque de la tecnología tradicional es, como ahora reconocen el gobierno y las agencias de ayuda, uno que involucra las necesidades de la gente local y la ayuda de los expertos y que busca la participación *in situ* que puede ser proporcionada por grupos pequeños externos en cooperación con comunidades locales. Esto ciertamente debe ser más efectivo en los costos, sostenible, y más viable históricamente, culturalmente y ambientalmente que simplemente importar tecnología nueva, cara, industrial, inmanejable por usuarios rurales, poco investigada en su aplicación y en los efectos a largo plazo.

En setiembre de 1996, en la Conferencia Anual del Development Association, en Reading, Reino Unido, el representante del Banco Mundial manifestó que mucha de la ayuda externa (más de mil millones de dólares) en los últimos 50 años ha tenido resultado ineficiente, sobre todo en África y ha sido solo un poco efectiva en América, pero

ha sido muy eficaz solo en algunas partes de Asia. Algunos representantes de países en vías de desarrollo en África señalaron que ellos no querían ayuda sino más énfasis en desarrollo con asistencia y entrenamiento.

La realización y justificación más completa de los ingresos para restauración y conservación deberían resultar en dos cosechas anuales con comercialización del sobrante. Esto dependerá de que todas las agencias del gobierno y las ONGs trabajen en cooperación y proporcionando asistencia en un proceso que incluya el seguimiento completo de extensión agrícola, que cubra los aspectos organizacionales para hacer mantenimiento del cultivo con irrigación y para que se mantenga el capital de la semilla y el tratamiento y almacenamiento de semilla para continuar con el ciclo agrícola. El apoyo a productos apropiados para los mercados y a la recolección de la producción a través de las cosechas debe llegar bien al mercado, y requiere de un transporte económico. Finalmente, necesitan vender a precios que puedan sustentar al agricultor.

Agradecimientos

Al Ing. Carlos A. Llerena por animarme a presentar esta contribución, a la Sra. María Benavides por su muy gentil ayuda con la traducción del texto, a todos los auspiciadores de Cusichaca Trust como DFID, UE y otros, a los participantes profesionales en nuestro proyecto y, en especial, a los pobladores de las comunidades de Chamana y Ollantaytambo con quienes hemos trabajado en equipo por varios años.

Manejo de recursos hídricos y conservación de andenes en la comunidad de Aucará, Lucanas, Ayacucho, Perú

(Management of water resources and terrace conservation: The community of Aucara, Lucanas, Ayacucho, Peru)

RESUMEN

En la época de los Incas, en lo que es hoy la comunidad de Aucará, el uso de la tierra estaba condicionado a la existencia de una sola fuente de agua proveniente de las punas. Con el paso del tiempo hubo necesidad de aumentar las áreas cultivadas empleando aguas de diversos manantiales, ríos y lagunas, en lugares donde es más difícil el manejo del agua, conduciendo en general a derrumbes y destrucción de los andenes. Asimismo, aunque parezca paradójico, la escasez o ausencia de agua para el cultivo también ha conducido a la desaparición de andenes, simplemente, porque al no ser cultivados, éstos son abandonados y desaparecen. El trabajo describe y discute los casos observados en esta comunidad andina del Perú.

ABSTRACT

During the Inca period, in the area occupied today by the community of Aucará, land use was conditioned to the existence of the puna's source as the only source of water. In later periods, there was a need to increase the cultivated areas using different sources of water from springs, streams, and lakes, in sites where water management was more difficult causing wall collapses and destruction of terraces. However, and it seems paradoxical, also the lack of water for agricultural use led to the terraces deterioration because when there was no constant use, they were abandoned and disappeared. The study describes and analyses examples from this andean community in Peru.

¹ Consultor en Recursos Hídricos, San José, California, EE.UU., mmolinag@aol.com

Introducción

Las tierras de cultivo de la Comunidad de Aucará (aproximadamente 550 ha), en el distrito del mismo nombre (prov. de Lucanas, dpto. de Ayacucho), están ubicadas en un sistema de andenes que se encuentra en la ladera occidental de un valle interandino cuya altitud varía desde los 3,400 hasta 2,200 m de altitud. Es una sucesión de terrazas donde se cultivan, bajo riego, principalmente maíz, alfalfa, papas, cebada y otros cultivos menores. El agua de riego se distribuye por medio de una red de canales en tierra que se extiende desde la laguna reservorio situada a 3,200 m hasta el río Sondondo, a una altitud de unos 2,200 m, que es el límite inferior de todo el valle. Estos canales tienen dos características desfavorables para la conservación de los andenes: primero, están todos en tierra, y segundo, tienen pendientes muchas veces superiores al cien por ciento.

Estas condiciones hacen que los andenes sean muy susceptibles a cómo se aplica el agua de riego, porque es obvio que un exceso, tanto en los canales de distribución como en la aplicación a los andenes mismos, producirá erosión, derrumbes y eventualmente la destrucción de las terrazas. A esta situación hay que agregar el factor hora de aplicación del riego: los turnos de riego de noche constituyen un factor agravante, pues en la oscuridad es más difícil tener un buen control de las aguas.

Sin embargo, se ha observado que no solamente es el exceso de agua lo que puede destruir un andén: aunque parezca paradójico, también la deficiencia o escasez del agua conduce inexorablemente al abandono de los andenes y a su desaparición.

Estas dos situaciones, observadas en la Comunidad de Aucará, se analizan brevemente a continuación.

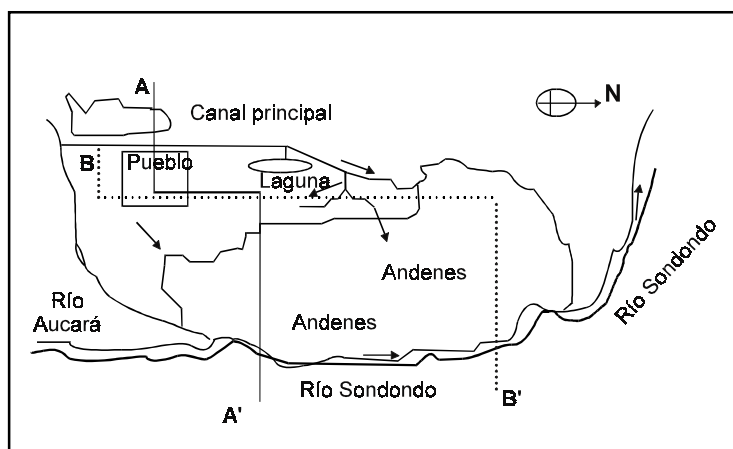


Fig. 1. Esquema de ubicación de los diferentes elementos de los sistemas de distribución de las aguas de riego y de los andenes.

Los sistemas de riego y de andenería

La figura 1 es un esquema de la comunidad y de la ubicación de sus sistemas de riego y de andenería. Las figuras 2a y 2b, muestran las secciones transversales de la ladera del valle donde puede apreciarse la magnitud del sistema de andenerías. La figura 3 es el esquema de una chacra en particular, donde puede verse cómo se hace la aplicación del agua de riego dentro de ella.

El exceso de agua y conservación de andenes

Analizando los gráficos anteriores podemos ver que los andenes están sujetos a dos tipos de peligro por el exceso del agua, tanto en los canales de distribución como en los andenes mismos:

a) Exceso en la red de canales de distribución

En este caso, dos son los factores desfavorables:

Las pendientes excesivas de los canales. Donde las velocidades del agua son muy altas y muy erosivas. Para resolver este problema existen muchas caídas de agua a lo largo de los canales, pero en muchos casos estas mismas caídas son susceptibles a los excesos si no existe una buena supervisión. Sin embargo, cuando la cantidad de agua que se conduce por un canal excede su capacidad, ocurren desbordes, rotura de canales e inundación de los andenes y, si esto no se controla a tiempo, pueden ocurrir derrumbes. Este fue el caso del fundo Suyo, donde un canal se desbordó a causa de un exceso de agua producido por una lluvia torrencial inesperada.

Los canales son de tierra y susceptibles a las roturas por erosión y desbordes. Afortunadamente, muchos tramos están "revestidos" con lo que se llama localmente champa, lo que los protege de la acción destructiva de las aguas.

La solución a estos problemas es la vigilancia constante de los canales. En general, en Aucará, para la aplicación del riego en una chacra, se requieren dos personas: una que en la chacra misma aplique el agua y otra que haga, como se dice localmente, el recorrido del canal de conducción desde la partición hasta la cabecera misma de la chacra, para asegurarse de dos cosas: primero, que no existan desbor-

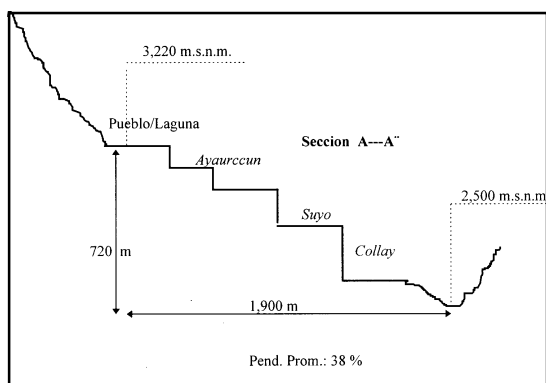


Fig. 2a. Sección transversal de ladera Este mostrando el sistema de andenería.

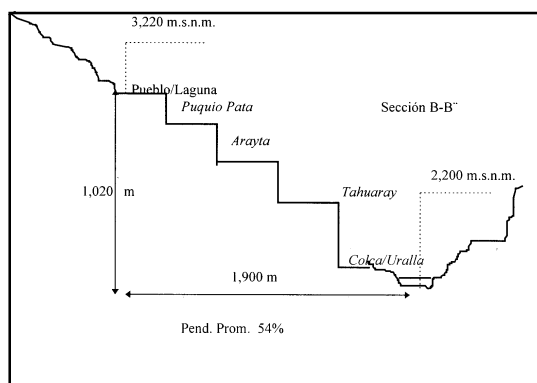


Fig. 2b. Sección transversal de ladera Sur mostrando el sistema de andenería.

des y, segundo, que los agricultores de las chacras por donde pasa el canal no se roben el agua.

b) Exceso en los andenes mismos

En este caso, los factores desfavorables son:

El sistema de riego por inundación. Si no se hace un buen control del agua que se aplica, ésta puede fácilmente desbordar un andén y fluir hacia el andén inferior, produciendo una erosión de las paredes de la terraza.

El sistema de riego por surcos. Como en el caso anterior, si no se aplica la cantidad apropiada en cada surco, el agua puede adquirir una velocidad excesiva y llegar muy rápido al extremo del andén, y también desbordar por las paredes del mismo y producir derrumbes.

El riego de noche. Es la situación más riesgosa, porque la casi nula visibilidad hace muy difícil el control del agua. En la mayoría de los casos, durante el riego de noche, son dos las personas que hacen la aplicación del riego.

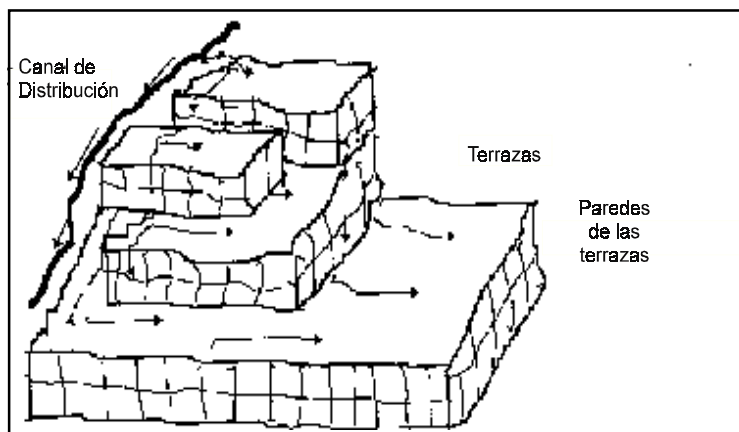


Fig. 3. Esquema que muestra una chacra en andenería y el método de aplicación del agua de riego. Las flechas señalan la dirección de las aguas de riego.

La deficiencia del agua y la conservación de andenes

Es obvio que un exceso de agua puede conducir a la rápida destrucción de andenes. ¿Pero qué pasa cuando existe una escasez persistente del agua de riego?

La respuesta no es tan obvia, pero es bastante lógica: a falta de agua, no se cultiva, y a falta de cultivo, hay descuido de los andenes y ésto conduce al progresivo deterioro de sus paredes, a la acumulación de desechos acarreados por las aguas de lluvia. Eventualmente, el andén como terraza desaparece al término de unos 20 a 30 años.

Es el caso de los terrenos de cultivo que están por encima del pueblo de Aucará (figura 4). En lo que es hoy una ladera de fuerte pendiente (tal vez en promedio de unos 30°) hay huellas visibles de lo que antes era un sistema de andenes, tales como hileras de piedras que constituían las paredes de las terrazas. Tal vez unos 70 a 100 años atrás, estos terrenos eran regados con agua de manantiales que han ido disminuyendo su caudal, lo que se puede deducir pues aún se ven huellas de canales en las partes altas de estos terrenos.

Luego se tiene el caso de un manantial cuyas aguas se empleaban para regar unas 10 a 20 ha de tierra en la parte alta del pueblo. Mediante una captación y almacenamiento en un tanque, estas aguas fueron dedicadas al abastecimiento de agua potable para el pueblo. La consecuencia es que los terrenos que antes se cultivaban han sido abandonados y están convirtiéndose rápidamente en eriazos. ¿Fue una buena decisión dedicar estas aguas de cultivo al abastecimiento de la población, sabiendo

que existe un manantial en la parte baja del pueblo que tiene mucha más agua?

Más recientemente, dos fundos, uno encima del pueblo (*Accusuro*) y otro en la parte baja, cerca al río Sondondo, no se cultivan plenamente por escasez del agua de riego. Están cubriéndose de malezas, se ven derrumbes de las paredes de las terrazas y un deterioro general; están en peligro de desaparecer y ser reemplazados por laderas con mas de 45° de pendiente y susceptibles a la erosión y desaparición de los terrenos de cultivo.

Conclusiones y recomendaciones

1. Tanto el exceso como la deficiencia de las aguas de riego son negativos para la conservación de los ande-

nes. Por lo tanto, es recomendable evitar, siempre que sea posible, ambos extremos cuando se trata de otorgar el agua a los agricultores.

2. La mejor protección de un sistema de andenerías es el manejo inteligente del agua en su conjunto: es decir, tanto durante su conducción hacia las chacras como durante su aplicación a los cultivos como riego. Por lo tanto, es recomendable se les recuerde a los agricultores constantemente de la responsabilidad que tienen al recibir el agua de riego.
3. Se debe evitar cualquier obra que disturbe el equilibrio delicado que existe en el medio agrícola andino entre los andenes y el agua. Incluso cuando se trata de construir obras de represamiento, o captaciones para otros usos, se debe evaluar el efecto que ésto tendrá sobre todo el sistema de uso de la tierra.

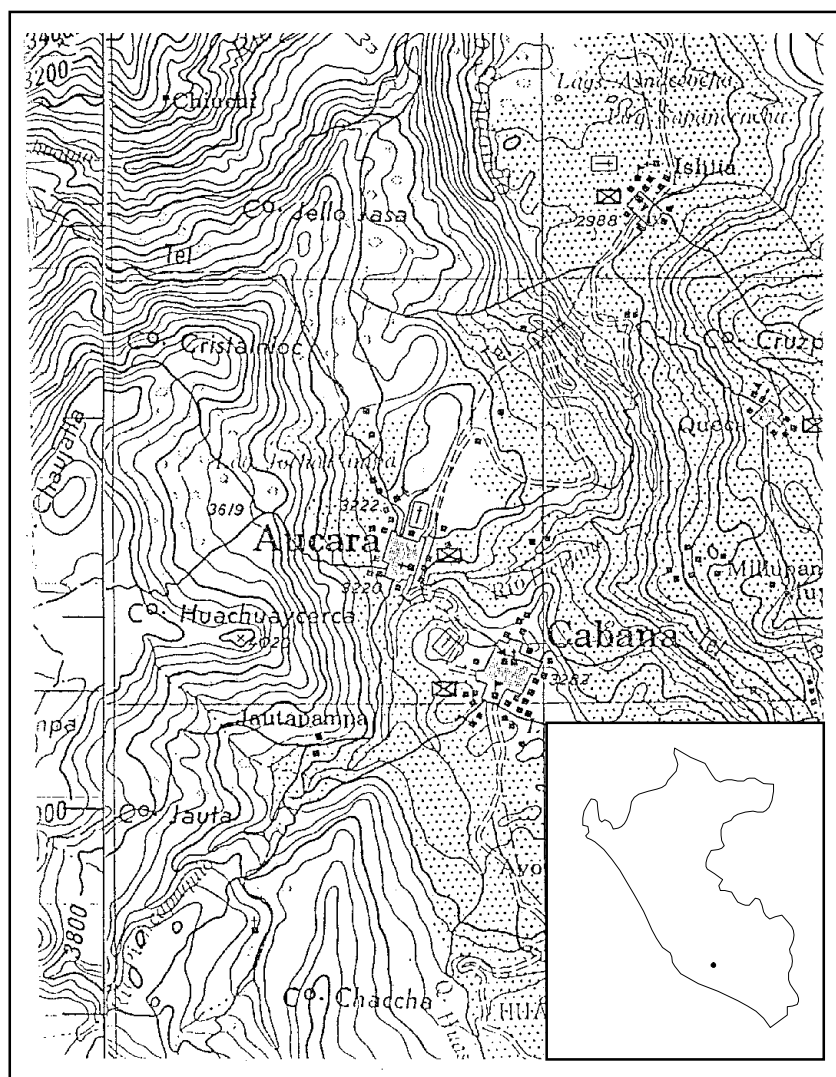


Fig. 4. Mapa de la zona de estudio.

Fuente: IGN. Carta Nacional (escala original 1:100000)

Características morfológicas de terrazas abandonadas en Catamarca, Argentina

(Morphological characteristics of abandoned terraces in Catamarca, Argentina)

RESUMEN

En la zona preandina de la provincia de Catamarca, en Argentina, se encontraron terrazas agrícolas abandonadas que probablemente corresponden a períodos preincaicos o incaicos. La finalidad del estudio fue determinar sus características morfológicas y morfométricas y compararlas con los valores de las terrazas en la cuenca del río Santa Eulalia, en el Perú. Se encontró que las características de los andenes de ambas zonas son semejantes, tanto en la extensión de las terrazas como en las dimensiones de los muros y piedras de construcción, indicando el uso de tecnología similar que probablemente fue difundida en muchas zonas andinas.

ABSTRACT

Abandoned agricultural terraces were found in the Andean region of the Catamarca province in Argentina, probably from pre-Inca and Inca periods. The aim of this study was to determine the terraces morphological and morphometric characteristics and to compare them to the values found in the Santa Eulalia terraces in Peru. The results show that the characteristics are similar, both in the terraces area and the walls and their stones dimensions, indicating that the terrace building technology was diffused through the Andean cultures.

¹Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de Catamarca, Argentina, jacoste@huma.unca.edu.ar

²Departamento de Geografía, Universidad de Haifa, Israel, inbar@geo.haifa.ac.il

Introducción

Sistemas antiguos de terrazas agrícolas en zonas montañosas habitadas se encuentran en distintas partes del globo, siendo las de zonas circundantes al Mar Mediterráneo, en el Viejo Mundo, las más antiguas. Se encuentran terrazas agrícolas o andenes en zonas andinas hasta más de 4,000 m de altitud (Denevan, 1987).

No se conocen estudios detallados de terrazas agrícolas andinas en Argentina. Field (1966) menciona terrazas a nivel en la Aguadita, Catamarca. En la Puna de Jujuy, en un estudio sobre uso de suelos en la época pre-hispánica, Ottonello de G. Reinoso y Ruthsatz (1982) mencionan la construcción y uso de terrazas a altitud de 3,700 a 4,000 m durante la época del imperio incaico. Ardissonne (1944), describió las terrazas en la cuenca del río Las Trancas en Catamarca. Recientemente, Puentes (1998) concluyó un trabajo de tesis en arqueología sobre los distintos usos de suelo y manejo agrícola en el sitio El Tala en el valle de Catamarca. El asentamiento humano en la zona de estudio se remonta al Período Temprano o Cerámico Inicial, pero el período de desarrollo agrícola y construcción de terrazas se lo atribuye al Período Medio (500 d.C. a 800 d.C.) (Gonzalez, 1963, 1980; Puentes, 1998).

No se registraron datos sobre la existencia de terrazas agrícolas antiguas al sur de Catamarca, y es probable que el presente estudio abarque a las terrazas montañosas más meridionales de la zona andina y, por ende, de Sudamérica y del globo.

La finalidad de este estudio es determinar las características morfológicas de las terrazas abandonadas en la zona de los valles del Rodeo, Juntas, Humaya y en el valle del río Las Trancas, en Catamarca, y compararlas con valores semejantes en terrazas andinas en los Andes Centrales de Perú. La pregunta que surge es si las características morfológicas y morfométricas pueden indicar difusión de tecnología como parte de la influencia pre-incaica o incaica en la zona andina.

Marco geográfico

El área de trabajo (figura 1) se encuentra en la formación correspondiente al cordón de Ambato-Manchao, el cual pertenece al Sistema Oriental del dominio de las Sierras Pampeanas, y al Plegamiento Hurónico del Precámbrico, con modificaciones durante el Hercínico de la era Paleozoica. Pero fue la neotectónica andina quien le brindó la topografía actual, sobre elevando bloques que se caracterizan por poseer una fuerte pendiente al occidente, mientras que la suave inclinación al oriente determina redes de drenaje de gran densidad. El tipo litológico más importante de este sitio es constituido por rocas del basa-

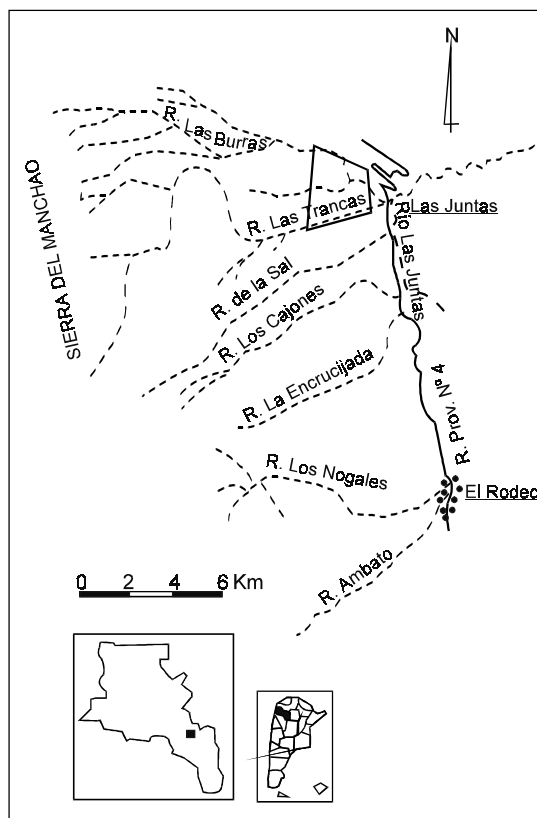


Fig. 1. Ubicación de la zona de estudio. Cuenca del río Durazno, a 60 km al norte de la capital de Catamarca.

mento metamórfico, cubiertos por sedimentos loésicos, los que a consecuencia del retransporte por escorrentía forman pequeñas terrazas en los bordes de los ríos principales, como los ríos Los Pinos, Las Trancas, Durazno, etc.

La gran continentalidad es la fundamental característica del clima de Catamarca. Sus altas temperaturas, las escasas precipitaciones y los vientos constantes que arrasan los fondos de valles y bolsones, junto a las torrenciales y cortas precipitaciones del verano, marcan un paisaje semiárido de inviernos secos y veranos cálidos.

En los valles intermontanos de altura como el valle de Las Juntas, el área de estudio, es una de las pocas excepciones, donde la generalidad antes descrita se modifica a consecuencia de la altitud (de 1,300 a 3,000 m) y de la disposición norte-sur de los cordones que captan lluvias orográficas, producto de las masas húmedas que circulan a esa altura, generando precipitaciones que superan los 700 mm anuales y dando vida a un ambiente de pastos de altura de importante valor económico y ambiental.

En la localidad de El Rodeo, a 1,200 m de altitud, se registró en el período 1981-1999 una precipitación media anual de 670 mm con un 85% de ella en los meses de verano,

de octubre a marzo. Las precipitaciones diarias máximas fueron de 70 mm y en el mes más lluvioso –diciembre 1999– de 235 mm.

Morfología y morfometría de las terrazas

Los estudios de campo fueron realizados en los años 1997 y 1998 por los autores, con la ayuda de docentes y estudiantes del Departamento de Geografía de la Universidad de Catamarca. Los parámetros medidos fueron: a) Terraza: ancho, largo y pendiente. Superficie. Cobertura vegetal; b) Muro: altura, diámetro de roca y cobertura vegetal; c) Suelo, profundidad; d) Estado de abandono de la terraza y destrucción del muro; e) Exposición de la terraza.

Asimismo se hizo un reconocimiento general de la zona, respecto de los recursos naturales de agua, suelos y vegetación.

En total se midieron cerca de un centenar de terrazas en la zona del río Las Trancas (cuadro 1) y en la zona del cerro Ormachea (cuadros 2 y 3).

La superficie media de las terrazas es de 120 metros cuadrados y varía entre pequeñas de 10 a 20 metros cuadrados hasta terrazas de 400 metros cuadrados. El tamaño es función de la pendiente, cuanto mayor la pendiente la superficie disminuye. La pendiente media es del 10 por ciento. La exposición varía, aunque la mayor parte está orientada hacia el norte, captando de tal manera mayor energía solar.

Se identificaron dos clases de terrazas: a) terrazas de cauce y b) terrazas de laderas (figuras 2 y 3). Las terrazas de cauce son más angostas y captaban parte de la escorrentía fluvial. No se encontraron sistemas de irrigación en las terrazas de laderas, pero es posible que hayan existido sistemas de irrigación parcial en la zona. Las terrazas de secano son típicas en muchas zonas andinas y se encuentran en uso hasta hoy día.

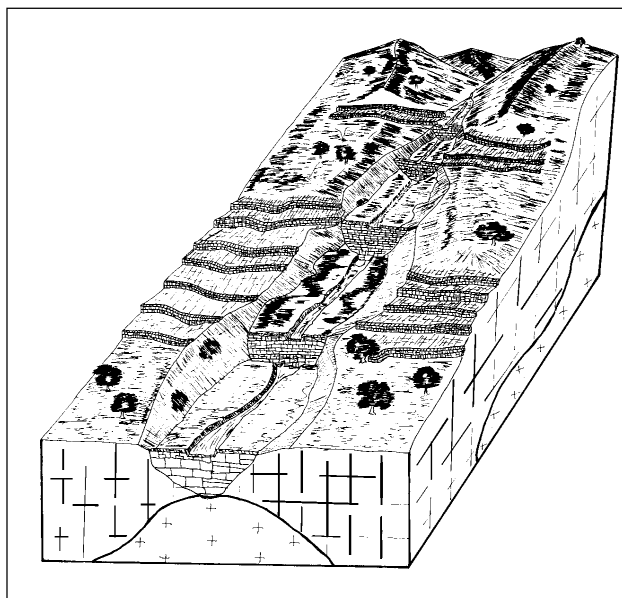


Fig. 2. Esquema de las terrazas en el río Durazno, indicando terrazas de cauce y terrazas de ladera.

Cuadro 1. Morfometría de terrazas en el río de las Trancas

Nº	Exposición	Largo max (m)	Ancho m	Superficie. m²	Altura de pared (m)	Diámetro rocas (mm)	Pendiente (°)	Profundidad suelo (cm)
110	90	33,0	2,4	79,2	0,80	160	22	20
111	90	29,0	2,6	75,4	8,00	240	11	30
112	90	32,0	3,1	99,2	0,81	200	25	40
113	90	27,4	2,2	60,8	0,94	300	12	20
114	90	26,6	2,0	53,2	1,00	260	12	20
115	90	29,9	2,1	60,9	0,62	250	18	20
116	90	47,0	2,1	98,7	0,45	220	12	30
117	90	31,0	2,1	65,1	1,50	180	13	30
118	90	29,8	2,5	74,5	2,20	220	20	20
119	90	32,8	1,8	59,04	2,40	220	20	20
120	90	33,5	2,1	70,35	2,10	150	20	20
121	90	30,7	2,2	67,54	2,20	210	15	20
122	90	27,0	2,4	64,8	2,05	200	12	30
123	45	20,0	17,0	340	2,70	330	12	40
124	45	17,6	7,8	137,3	0,90	200	8	40
125	45	11,8	8,7	102,6	0,80	150	9	40
126	45	15,8	8,0	126,4	1,19	220	12	40
127	45	23,3	6,3	127,9	2,00	220	12	40
127	45	20,1	10,0	201	1,37	280	11	40

Cuadro 2. Morfometría de terrazas del cerro La Bolsa

Nº	Exposición	Largo max (m)	Ancho m	Altura de pared (m)	Diámetro rocas (mm)	Pendiente (°)	Profundidad suelo (cm)
67	50	13,80	9,40	3,60	500	12	7
68	53	14,20	8,25	5,10	400	5	7
69	46	17,80	3,00	6,83	340	7	7
70	47	18,40	8,55	2,10	270	5	7
71	48	16,80	4,00	2,26	300	15	7
72	30	42,40	4,70	1,31	270	12	7
73	40	32,80	4,40	1,46	200	5	7
74	67	31,90	3,65	1,71	160	10	7
75	63	33,50	15,00	1,39	170	7	7
76	44	20,0	5,15	1,30	280	5	7
77	43	14,40	9,80	2,01	210	5	7
78	41	17,90	9,25	1,30	250	4	7
79	47	13,60	13,00	1,30	250	4	7
80	9	13,50	1,45	1,30	350	3	7
81	348	4,00	0,83	0,89	260	5	7
82	347	10,50	6,80	1,27	150	12	7
83	350	10,80	8,80	1,43	20	7	7
84	4	16,00	8,20	1,76	290	5	7
85	350	14,90	6,35	1,16	430	7	7
86	283	19,60	7,45	1,23	400	16	7
87	19	20,90	4,90	2,46	340	6	7
88	18	17,30	3,40	0,83	300	10	7
89	357	21,80	3,60	1,25	300	7	7
90	15	23,00	6,25	1,43	280	5	7
100	2	36,10	2,80	1,63	450	6	7
101	15	45,80	3,10	1,46	1000	6	7
102	351	43,70	2,55	1,76	400	7	7
103	357	35,00	3,35	1,66	330	11	7
104	354	34,30	2,60	1,40	520	5	7
105	357	36,70	4,00	1,50	280	6	7
106	357	20,40	4,85	1,43	370	10	7
107	21	36,20	2,85	1,23	850	11	7
108	27	25,00	3,40	3,20	490	12	7
109	22	47,00	3,40	1,40	200	12	7

En los cuadros 2 y 3 se consideró que el ancho es el medio de 2 mediciones. La altura de pared es la media de 3 mediciones. El tamaño de las piedras es el eje b, o eje mediano. El grado de conservación 3 es totalmente destruido y el grado 1, la terraza se mantiene relativamente conservada. En el rubro derrumbe de pared, se indican la cantidad de derrumbes por pared.

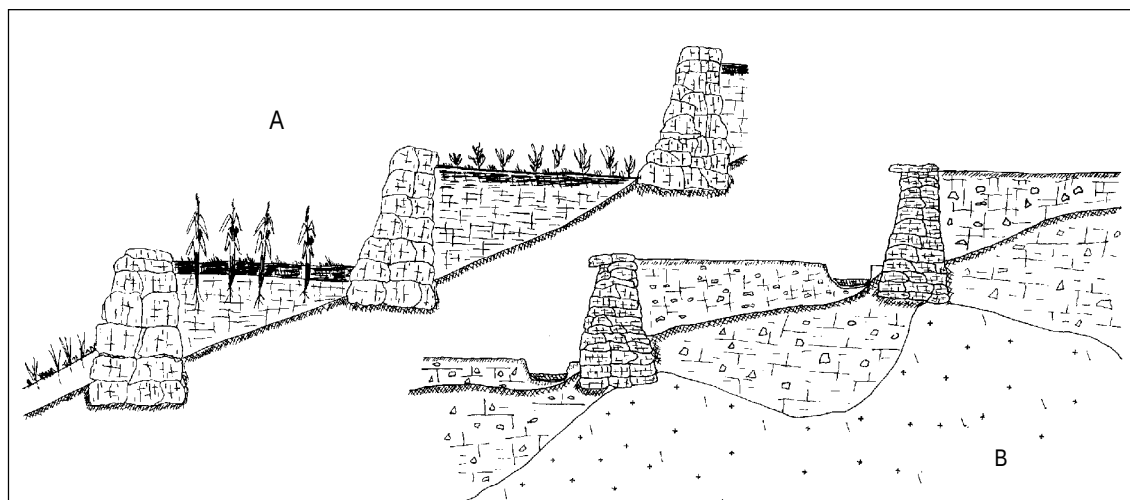


Fig. 3. a) Corte de terrazas de ladera. b) Corte de terrazas de cauce con pozo en la base del muro que actúa como dissipador de la energía de la caída del agua.

**CARACTERÍSTICAS
MORFOLÓGICAS DE
TERRAZAS ABANDONADAS**

Cuadro 3. Morfometría de terrazas del cerro Ormachea, departamento Ambato, prov. de Catamarca. Altitud 1300 - 1500 m.

Nº	Exposición	Largo max (m)	Ancho m	Altura de pared (m)	Diámetro rocas (mm)	Pendiente (°)	Profundidad suelo (cm)
1	351	10,60	3,45	1,53	300	12	10
2	343	12,20	2,55	1,53	700	12	20
3	340	11,40	2,70	1,60	340	5	5
4	344	13,80	2,10	2,10	870	12	10
5	344	14,70	2,55	1,30	370	12	10
5	344	14,70	2,55	1,30	300	12	10
6	341	17,70	2,80	1,40	540	12	10
7	347	14,50	3,25	1,13	340	13	7
8	350	18,90	3,35	2,50	370	12	15
9	344	19,90	3,35	2,50	420	13	15
10	335	19,70	2,05	1,93	530	13	10
11	344	17,20	2,70	2,13	760	7	15
12	335	11,70	3,25	1,62	300	3	7
13	338	15,70	3,05	1,50	300	5	10
14	334	15,10	3,60	1,79	230	7	10
15	339	7,00	2,50	1,27	370	11	10
16	340	8,40	2,60	1,15	370	12	10
17	358	11,20	3,70	1,20	140	4	10
18	349	13,50	1,00	3,75	270	3	10
19	278	11,50	2,10	0,84	555	12	14
20	62	17,60	2,10	0,89	810	12	14
21	10	26,30	3,50	0,70	270	13	17
22	36	20,40	3,80	0,57	290	13	10
23	52	11,85	2,48	0,53	420	13	19
24	90	10,75	2,64	0,42	350	11	17
25	42	15,20	1,47	0,27	290	12	17
26	74	18,80	4,69	0,52	190	13	17
27	94	22,70	3,40	0,58	290	10	17
28	84	47,30	3,62	0,80	290	12	17
29	94	42,95	4,24	0,70	450	11	17
30	72	28,00	6,60	0,82	535	12	17
31	12	31,00	3,28	2,37	400	13	17
32	42	33,95	1,19	0,74	270	13	17
33	41	24,00	1,78	0,76	520	13	17
34	15	21,20	3,21	0,64	400	13	15
35	18,1	49,45	22,07	0,70	420	14	15
36	72	16,80	20,05	0,74	600	18	15
37	98	16,60	5,33	0,64	610	15	18
38	62	21,50	3,90	0,90	330	14	16
39	54	25,00	4,87	0,94	250	12	15
40	42	33,10	2,08	0,61	350	12	15
41	58	30,60	2,77	17,35	210	12	16
42	55	24,90	5,18	14,75	210	12	15
43	90	31,65	4,62	0,96	200	12	15
44	60	25,55	4,15	0,92	160	12	15
45	86	53,70	4,05	1,18	190	12	15
46	5	90,80	4,85	1,04	370	12	15
47	353	93,50	2,46	0,87	201	12	14
48	11	112,50	3,87	0,72	185	12	15
49	9	37,20	4,37	2,18	250	7	5
50	17	29,90	3,58	0,72	230	7	7
51	21	14,10	2,70	0,70	200	7	7
52	358	16,70	2,05	0,92	230	8	10
53	5	38,90	2,68	1,17	150	7	6
54	1	62,10	3,30	1,83	200	7	7
55	4	59,90	4,40	2,03	200	7	7
56	11	44,11	3,90	1,43	260	7	7
57	16	23,80	7,30	1,06	150	7	10
58	12	55,40	3,90	1,30	230	7	10
59	4	60,60	4,50	1,90	500	7	10
60	20	71,80	4,50	1,53	270	8	10
61	28	64,10	4,70	1,85	590	7	10
62	310	19,40	3,55	1,84	270	9	10
63	318	76,90	5,26	1,36	310	8	10
64	9	73,00	7,05	1,53	360	6	10
65	13	76,40	5,45	1,03	950	6	10
66	11	27,10	4,80	1,13	510	6	10

Todas las terrazas estudiadas están en estado de abandono, y la población local no tiene registro del tiempo de abandono, que probablemente es de centenares de años y quizás desde la era precolombina. El estado de la vegetación indica que la zona está expuesta al pastoreo, y la cobertura vegetal consiste esencialmente de un matorral bajo y pastos, sin vegetación arbórea.

Los valores obtenidos son comparables a los presentados en este libro en la cuenca del río Santa Eulalia de Lima, Perú, a altitudes entre 3,500 y 3,900 m. La superficie media de las terrazas en el Perú es de 170 m², a semejanza de 140 m² en la cuenca del río Ormachea en Catamarca.

Los muros fueron contruídos con piedras del lugar, con un promedio de 22 cm de diámetro, semejante a 20 cm en el Perú. Los muros están deteriorados, indicando el estado de abandono y falta de rehabilitación después de fuertes lluvias o animales que provocan el derrumbe de los muros de las terrazas y son el comienzo de un proceso de erosión.

Discusión y conclusiones

El abandono de las terrazas agrícolas determina un incremento de la erosión. La erosión de suelos es uno de los problemas de medio ambiente cruciales en el mundo entero (Pimentel, 1993).

La construcción de terrazas fue una de las manifestaciones de la revolución tecnológica agrícola en el período Neolítico, que junto a los procesos de cultivo agrícola y domesticación determinaron un progreso y cambio de vida en la cultura humana. La construcción de terrazas permitió el establecimiento de poblaciones en zonas de alta montaña, en laderas de inclinación de 30% hasta más del 100%. En condiciones naturales, la pendiente no permite la acumulación de suelos, y solo la construcción de muros determinó

la formación de suelos que fueron fuente de producción agrícola (Raffino, 1973).

Las características morfométricas y morfológicas de las terrazas del Río Ambato son semejantes a las estudiadas en la zona de San Juan de Iris en el Perú, tanto en extensión como en las dimensiones de los muros, y de las piedras de construcción, indicando tecnologías similares que probablemente fueron difundidas en las zonas andinas.

El abandono, deterioro y erosión de los suelos en las terrazas agrícolas determinan las preguntas: ¿cuándo fueron construidas y cuándo abandonadas? Los restos arqueológicos en distintas partes de la zona sur andina indican que existía una cultura prehispánica con alto desarrollo de tecnología agrícola en Catamarca, y que la conquista española diezmó a la población (Cook, 1982). El conquistador no estaba interesado en la producción agrícola sino en la minera, y reclutó toda la mano de obra posible para explotar ese recurso. La consecuencia fue el abandono de la agricultura, y el desastre ecológico y social que produjo. La milenaria cultura de la población de montaña y sierras en muchas zonas desapareció, y la erosión lavó los suelos de las laderas. En zonas andinas del norte, en Bolivia, Perú y Ecuador todavía persisten, a pesar de que más del 60% se han abandonado (Denevan, 1987). Es probable que en el futuro cercano también en tales zonas las terrazas de laderas montañosas se abandonen como ha ocurrido en Catamarca, y constituyan solo tema de investigación para geógrafos y arqueólogos.

La humanidad venera los grandes monumentos que fueron contruídos por faraones y reyes como pirámides y mausoleos y enaltece la muerte de aquellos que quizás fueron déspotas y que explotaron miles de esclavos durante su vida. Y surge la pregunta por qué no considerar patrimonio de la humanidad a las terrazas, una de las fuentes de vida más importantes que el hombre creó, con el fin de proporcionar alimentos a toda la población a lo largo de muchas generaciones.

Ecología cultural de la construcción de terrazas, su abandono y recuperación en el valle del Colca, Arequipa, Perú

(Cultural ecology of terrace building, its abandonement and recuperation in the Colca valley, Arequipa, Peru)

RESUMEN

El valle del Colca constituye uno de los lugares más conocidos por su arquitectura de andenes en el lado occidental andino. En 1984 y 1985 se realizó el proyecto de investigación titulado “La ecología cultural, arqueología e historia de los andenes y su abandono en el valle del Colca, sur del Perú”, dirigido por el geógrafo William M. Denevan, de la Universidad de Wisconsin-Madison. Tuvo como objetivo principal el estudiar aspectos relacionados con la historia y ecología de la construcción de andenes que podrían contribuir al entendimiento de las fluctuaciones en su uso y abandono en el valle del Colca. El estudio se concentró en la Comunidad de Coporaque, y los resultados fueron publicados en un reporte para la Natural Science Foundation (NSF) en dos volúmenes. Entre los hallazgos de este estudio se encontró que las terrazas más antiguas (fechadas con C-14) fueron construidas entre los años 400 a 450 d.C., y que en ese tiempo no se usó riego artificial. Luego, los cambios climáticos que sucedieron en los siglos V al VII produjeron sequías prolongadas que obligaron a abandonar algunas de las terrazas ubicadas en los lugares más altos. Asimismo, las sequías hicieron necesaria la construcción de canales, dando lugar al paisaje que actualmente se tiene. De 1997 a 1999 se realizó otra investigación en el valle del Colca patrocinada por la Unión Europea en un proyecto conjunto entre las universidades de Leeds (Gran Bretaña), Amsterdam (Holanda), Cantabria (España), Buenos Aires (Argentina), Mayor de San Andrés (Bolivia) y Católica del Perú (Perú). Este proyecto se orientó a los aspectos ambientales que afectan el desarrollo de la vida en el valle. Se trataron aspectos socioeconómicos, de tenencia, de turismo, de política y de percepción ambiental local. Se incluye un resumen de los resultados de ambos proyectos.

ABSTRACT

The Colca valley is one of the most known areas by its terrace architecture in the western Andean side. Since the seventies, studies were performed in different fields like history, archaeology, architecture, agriculture, natural resources management and social structure of the Colca communities, emphasising the beauty of its terraces. The “Cultural Ecology, Archaeology and History of the terraces and their abandonment in Colca Valley, southern Perú” project, under the direction of the geographer William M. Denevan of the University of Wisconsin in the USA, was performed in 1984 and the main goal was to study the terraces history and ecology, in order to understand the fluctuations in their use and abandonment. The study was done in the community of Coporaque and the results were published in two volumes in a report to the US National Science Foundation. The study findings were that the oldest terraces were built between 400 to 450 years DC (by C-14 dating), and no irrigation was used at that time. Climatic changes from the V to the VII centuries caused prolonged droughts, and terraces at higher altitudes were abandoned. Due to the droughts irrigation canals were built, forming the present landscape. Another study was also carried out from 1997 to 1999 in a shared project between the European Union and The Universities of Leeds (UK), Amsterdam (Netherlands), Cantabria (Spain), Buenos Aires (Argentina), mayor de San andrés (Bolivia) and Católica del Perú (Perú). Results of both studies are included in this article.

¹ Centro de Investigación en Geografía Aplicada (CIGA), Departamento de Humanidades, Pontificia Universidad Católica del Perú, hcordov@puccp.edu.pe

Introducción

El valle del Colca se encuentra ubicado a unos 165 km al norte de la ciudad de Arequipa y se conecta a ella y a otras ciudades costeñas por dos caminos afirmados que permiten la circulación vehicular en doble dirección. Uno conecta directamente a Chivay con Arequipa en un tiempo de cuatro horas y está en pleno proceso de asfaltado; el otro conecta a Chivay con Majes en cinco horas y de allí con Arequipa en una hora y media más.

La población es más o menos homogénea en términos de identidad local, regional y nacional. Dependen enteramente del riego para agricultura, lo que les permite muchas veces sembrar antes del período de lluvias y cosechar antes del período de heladas.

Todos los distritos del valle fueron creados en tiempos de la independencia del Perú y su población entre 1972 y 1993 se mantuvo casi estable con 14,484 en 1972 y 14,319 en 1993, residentes mayormente en las capitales de distrito considerados como los únicos centros urbanos. Los decrecimientos poblacionales son resultado de una fuerte corriente migratoria, especialmente de jóvenes, que a medida que se informan de otras posibilidades de trabajo en la costa se dirigen a ellas apresuradamente. Esta salida también ayuda a mantener la presión sobre el uso de suelo rural más o menos estable, lo cual es bueno desde el punto de vista ecológico aun cuando ello afecta el desarrollo del valle en el sentido de que se le quita las energías de innovación que generalmente están unidas a los jóvenes.

El proyecto de la Universidad de Wisconsin

Este proyecto interdisciplinario fue dirigido por William M. Denevan, del departamento de Geografía de la Universidad de Wisconsin, EEUU, y se realizó entre julio de 1984 y junio de 1986. Fue auspiciado por la National Science Foundation y la National Geographic Society. El equipo de investigadores estuvo formado por norteamericanos y peruanos. Entre los primeros estuvieron (además William Denevan), Michael A. Malpass (arqueólogo), Jon Sandor (edafólogo), Patricia Sanford (palinógrafa), Daniel E. Shea (antropólogo), Jane Wheeler (antropóloga), Charles Mahaffey (geógrafo), Laura Hartwig (cartógrafa) y los estudiantes graduados: John Treacy (geografía), Richard Waugh (geografía), William G. Gartner (antropología), Deborah Martin (antropología), Charles P. Raleigh (historia) y Ellen Robinson Webber (geografía). De la parte peruana intervinieron: Hildegardo Córdova (geógrafo), María Benavides (historiadora), Máximo Neira (historiador), Pablo de la Vera Cruz (arqueólogo), y los estudiantes: Luis Gonzales (geografía), y Carlos Guevara (geografía).

El sector estudiado está entre Cabanaconde a 3,287 m y Tuti a 3,790 m de altitud. Las laderas bajas de este valle se encuentran casi en su totalidad cubiertas de terrazas agrícolas que permiten el desarrollo de una agricultura intensiva, base de la subsistencia de unas 14,000 personas. Cerca del 60% de los andenes están abandonados, lo cual origina una serie de preguntas acerca del por qué y cuándo de este abandono y sus efectos en las poblaciones del valle. Como bien señala Denevan en el informe del proyecto, se conoce bien la importancia que tienen los andenes en la agricultura andina pero se sabe poco sobre su ecología, funciones, manejo, y productividad.

Así, el proyecto de estudio de andenes en el valle del Colca fue dirigido a estudiar la magnitud y causas de abandono de andenes así como a entender su ecología, es decir determinar su productividad. Para ello se escogió como área de trabajo a los sectores de Achoma y Coporaque. Al ser un estudio interdisciplinario, aquí intervinieron especialistas en geografía, arqueología, antropología, geología, edafología, e historia.

La atención principal dentro del estudio fue no solo hacia la identificación de los campos de andenes abandonados, buscando una explicación del proceso y tiempos de ocurrencia, sino también al estudio de la productividad actual de los andenes que continúan en explotación agrícola. La idea que estuvo detrás de esto fue el comprobar hasta qué punto es cierta la apreciación de que la productividad actual de los andenes es sensiblemente inferior a la de los tiempos prehispánicos.

Se dividió el trabajo en equipos especializados quienes revisaron la bibliografía existente hasta entonces sobre el Colca, realizaron excavaciones para determinar la arquitectura de los andenes, tomaron muestras de polen para determinar los tiempos de abandono, estudiaron el paisaje natural y cultural actual para compararlo con el probable ambiente antes del abandono de los andenes, etc. El resultado del proyecto fue publicado en dos volúmenes (1986 y 1988) en forma de reportes técnicos a las instituciones auspiciadoras. El primer volumen tiene 569 páginas y trae la información dividida en cuatro partes: La primera hace una reseña acerca de los objetivos del proyecto, los aspectos geográficos del Valle del Colca, su agricultura, población, estimación de áreas con andenes abandonados, y manejo del agua. La segunda concentra la atención en los aspectos arqueológicos de los dos sitios trabajados: Achoma y Coporaque. Allí se presentan los resultados de las excavaciones, el tipo de suelo, los análisis de polen, flora y fauna, una discusión preliminar sobre los asentamientos prehispánicos de esos lugares y una hipótesis sobre la construcción de andenes. La tercera se refiere a documentos históricos conocidos como "visitas" que

nos ayudan a entender las formas de manejo de los ecosistemas durante la colonia y las relaciones sociales que se daban alrededor de ellos. El criterio fue que esas formas de valoración en alguna medida eran herencias de tiempos anteriores. La cuarta es dedicada al abandono de andenes, donde se esbozan hipótesis sobre las causas que llevaron a esta situación.

En el primer volumen colaboraron 17 investigadores, cada uno es responsable por un artículo con los resultados de su investigación de campo. El segundo volumen tiene 233 páginas, con la participación de ocho investigadores. Aquí se presentan datos más afinados sobre las causas del abandono de andenes insistiendo en datos históricos sobre la población, organización social, y manejo contemporáneo del suelo.

Entre las conclusiones que se pudieron obtener del estudio destacan las siguientes:

1. Los andenes más antiguos fueron construidos un poco antes del año 500 d.C., y el máximo desarrollo se consiguió aparentemente durante el periodo Inca. El abandono masivo de andenes ocurrió en el siglo XVI debido al decrecimiento impresionante de la población que bajó, según Cook (1982) de 67,000 a menos de 5,000 personas.
2. Los andenes más antiguos y más sencillos tienen un muro menos elaborado que retiene al suelo en una plataforma bastante inclinada hacia abajo. Estos andenes se encuentran en los pisos altos, entre los 3,500 y los 4,000 m de altitud. En las partes superiores no hay evidencia de canales de riego y todos los andenes están abandonados.
3. Las pruebas con C-14 de las muestras de cerámica encontradas cerca de Coporaque muestran antigüedades que van de 400 a 500 d.C., es decir que la población se estableció allí mucho antes de empezar a construir andenes.
4. Teniendo en cuenta los análisis de Thompson *et al.* (1988) en el glaciar Quelccaya, Cusco, el sur peruano padeció una sequía fuerte durante los años 500 a 750 d.C. Ello hace pensar que los primeros andenes fueron irrigados solamente por lluvias, y que los canales de irrigación se construyeron durante este periodo de sequías.
5. En tiempos actuales, la restauración de andenes en el Colca se enfrenta con la escasez de agua que en algunos sitios no alcanza para irrigar los cultivos de las partes bajas. A esto debe agregarse la altitud que se presenta como un factor limitante para cultivos de valor comercial. En otras palabras, el costo de restauración y la posibilidad de recuperación de la inversión desalientan cualquier iniciativa endógena al respecto.

6. A lo anterior se agrega que no hay suficiente presión demográfica que justifique un incremento de las áreas dedicadas a subsistencia. Aun cuando la población se ha venido recuperando paulatinamente desde su colapso en el siglo XVI, todavía se mantiene (año 1986) en 35,000 personas para toda la región Collagua. La principal razón por la que no se ha alcanzado los niveles de 1532 es la emigración constante.

El proyecto "Ambiente y Sociedad en los Andes": políticas y estrategias.

Esta investigación se realizó dentro de un proyecto mayor que comprendió al valle del Colca y Puquina en Perú; la quebrada Alisos en el sur de Tarija, Bolivia; y en la quebrada Humahuaca, en la provincia de Jujuy en Argentina; con la participación de las universidades de Leeds, Amsterdam, Cantabria, Nacional de Buenos Aires, Mayor de San Andrés, y Católica del Perú, con el apoyo financiero de la Unión de Comunidades Europeas.

Los objetivos del proyecto en la parte correspondiente al valle del Colca fueron los siguientes:

- a. Estudiar las características socio-demográficas de la población del Colca y su potencial como recurso humano para el desarrollo sostenible.
- b. Estudiar los impactos del turismo en la población y en el ecosistema del valle del Colca.
- c. Estudiar la biodiversidad vegetal y su potencial de sostenibilidad para las poblaciones del Colca en función a las demandas locales y regionales.
- d. Estudiar las políticas locales, regionales y nacionales que afectan las tomas de decisiones en el manejo de los recursos naturales del valle del Colca.
- e. Estudiar las estrategias de supervivencia utilizadas por los habitantes del Colca.
- f. Estudiar la percepción de la población del Colca sobre su entorno ambiental y sobre riesgos naturales.

Para cumplir con los objetivos, los miembros del equipo nos dividimos el trabajo por temas y contratamos a otros científicos para casos que estuvieron fuera de nuestra formación profesional. Aún cuando cada subgrupo utilizó sus propias estrategias de colección de datos según sus casos concretos de investigación, los trabajos iniciales fueron similares y se orientaron a recopilar la información escrita sobre los temas propuestos en el proyecto. Para el efecto se consiguieron juegos de fotografías aéreas y mapas topográficos que permitieron seleccionar el espacio a estudiar. Luego se recopiló información escrita en las bibliotecas de las universidades de Arequipa y en Lima; se procesó la información censal de población de 1961, 1972,

1981 y 1993 y el censo agropecuario de 1994, cuyos datos sirvieron de base para los reportes socioeconómicos y de usos del suelo rural.

El sector del Colca estudiado cubre unos 340 km que van desde el borde superior de la zona agrícola de Tuti, a unos 4,000 m de altitud, ubicada en el extremo noreste, hasta la quebrada Chocacahua y los campos agrícolas de Pinchollo a unos 3,100 m de altitud en el fondo de valle, en el lado occidental (figura 1 y foto 1). Dentro de estas zonas se seleccionó a Chivay, Maca y Tuti como testigos de investigación cuyos resultados se proyectan a los otros siete que forman el valle.

Las estrategias de investigación de campo consistieron en varias visitas de duración variable (entre 04 y 30 días cada una) que permitieron observar las formas de organización de los espacios urbanos y rurales y entrar en contacto con los locales a fin de entender sus modos de ver el mundo y sus problemas. Luego se hicieron encuestas según muestreos aleatorios con preguntas de acuerdo con el tema de cada investigador. En algunos casos fue necesario realizar talleres de motivación en donde se aprovechó la aglomeración de participantes para aplicarles una

encuesta, llamada de "entrada". Por supuesto también se hicieron mediciones directas en el terreno, cuando correspondía, para coleccionar datos "duros" sobre usos del suelo, tamaños de lotes, flujos de poblaciones, etc.

Se encontró que los ecosistemas del Colca, a pesar de ser muy productivos en agricultura y de una ocupación densa en tiempos prehispánicos, sufren de un despoblamiento relativo constante. El lento crecimiento poblacional en los últimos 40 años a pesar de altas tasas de natalidad se debe a la elevada mortalidad infantil por la insuficiencia de servicios de salud y a las migraciones. A pesar de ello, el 40 por ciento de la población está integrada por jóvenes menores de 15 años, quienes reciben una educación de baja calidad priorizando a los varones, lo cual es importante tener en cuenta para planificar las posibilidades de empleo local y la presión que ejercerán sobre los recursos naturales.

El hecho de que el 45,5 por ciento de la población tenga primaria incompleta aparece como un freno en las gestiones de manejo ambiental que se quieran implementar, porque demandaría un mayor esfuerzo técnico de capacitación.

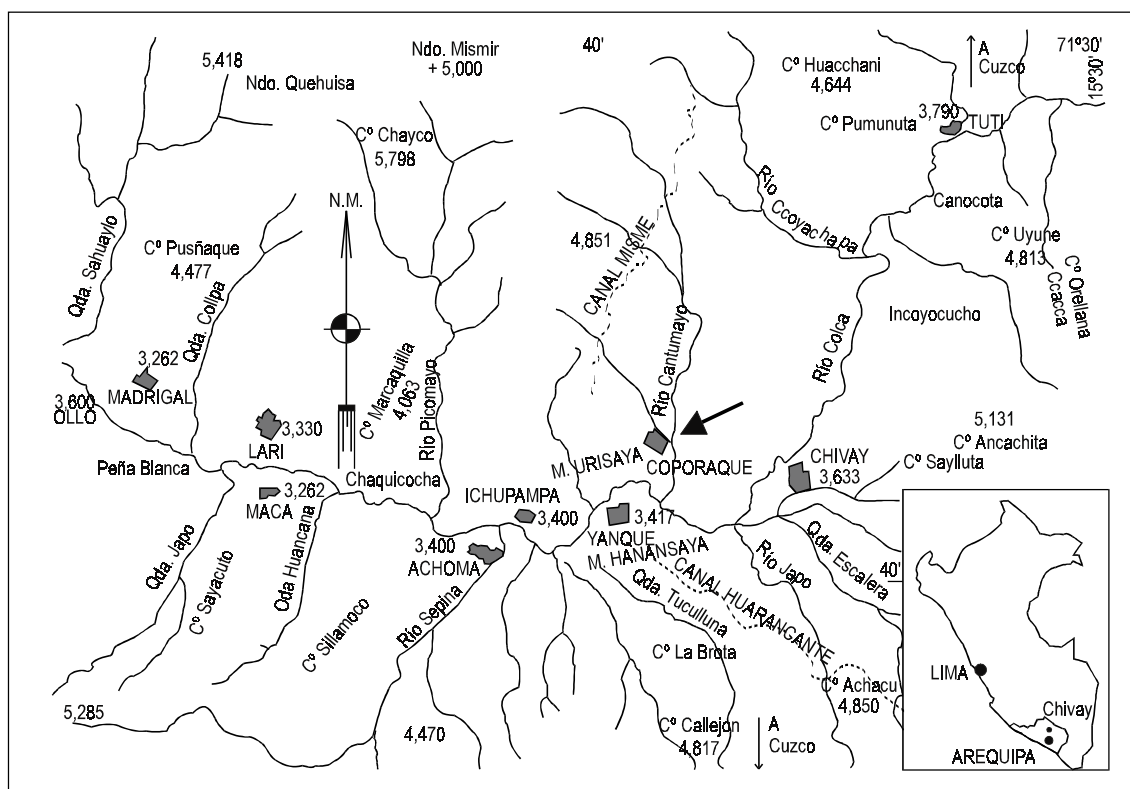


Fig 1. Coporaque y el valle del Colca.
Fuente: Pease, 1977.

La ocupación dominante es en agricultura en la parte baja donde hay agua para riego y pastoreo en los sectores más altos. La escasez de agua impide un incremento de superficie cultivada actualmente y la pobre calidad del ganado disminuye la rentabilidad debido a los bajos rendimientos de carne, leche y/o lana. Los camélidos, a pesar de su importancia en la producción de lana y carne, todavía no juegan un rol significativo en las economías locales, al punto que no aparecen en las estadísticas de agricultura de 1993.

Domina el trabajo independiente. La tierra pertenece a cada comunidad pero es cedida a cada miembro por tiempo indefinido. Las superficies agrícolas familiares son muy pequeñas y no permiten excedentes importantes para el mercado. En consecuencia, gran parte de las familias campesinas, especialmente del Colca, viven en condiciones de pobreza con ingresos insuficientes para satisfacer las necesidades básicas.

El trueque sigue teniendo vigencia para intercambiar productos locales con carnes y lanas de los sectores más altos.

El turismo está atrayendo a pequeños inversionistas de Lima y de Arequipa, lo cual está produciendo cambios notorios en la vida cotidiana de los locales. La publicidad viene creando expectativas en los jóvenes, quienes asumen que el turismo les dará ocupación en el corto plazo. Sin embargo, se notan desajustes en la oferta de los recursos naturales y en la participación de los beneficios que necesitan planificarse en función de indicadores de sostenibilidad ambiental.

En términos de estrategias de vida, las familias del Colca normalmente toman decisiones espontáneas y ponen en práctica un conjunto de acciones con la finalidad de obtener ingresos que les permitan satisfacer sus necesidades. Las estrategias incluyen actividades agrarias y no agrarias; con ello demuestran tener capacidades de respuesta para enfrentar a los factores que modifican las condiciones de su entorno ambiental y organización familiar.

Las políticas sociales deben tener en cuenta a la familia como unidad social objetivo y a los docentes como la clave de las estrategias familiares.

Los ambientes de montañas estudiados ofrecen grandes atractivos para el ecoturismo, que bien manejado podría ayudar a mejorar los ingresos de las poblaciones rurales al mismo tiempo que se reforzaría su entendimiento del valor de la naturaleza como tal.

La medicina tradicional se mantiene viva, especialmente en la población de subsistencia, sea rural o urbana. La población del Colca conoce muy bien el uso de plantas para resolver distintos problemas de salud que se inscriben en una cosmovisión holística, en donde la naturaleza es un gran ecosistema que funciona a través de la interacción de los elementos que la componen, los cuales están regidos y protegidos por sus dioses tutelares simbólicamente representados por algunos componentes del propio ecosistema: el Cotallauili para Chivay, el Sabancaya para Maca, y el Mismi para Tuti.

Comentarios

Los casos expuestos son una muestra del interés ecológico que ha venido despertando el valle del Colca para la comunidad estudiantil nacional e internacional. Sin duda, la mejor oferta del valle son los bien trabajados andenes que ocupan sus laderas y que han permitido la producción de comida para una población numerosa en algún momento de su historia. Hoy, los andenes siguen siendo la admiración de los visitantes, y la falta de utilización agrícola es en buena cuenta por la escasez de agua para riego. Ello ha llevado a la coordinación de las instituciones de desarrollo local para formar el Comité de Desarrollo de la provincia de Caylloma, en donde se analizan las dificultades que frenan el desarrollo integral y se ensayan soluciones.



Foto 1. Vista aérea del pueblo de Coporaque y sus alrededores. Las excavaciones de andenes abandonados se hicieron en el sector denominado Chijra (en el sector inferior izquierdo de la foto).

4. Cuenca del Rímac

✎ **Fedora Martínez**

Cultura y sociedad en San Juan de Iris

✎ **Helena Cotler**

La recuperación de andenes como parte de un manejo integral de cuencas: el caso de la subcuenca del río Rímac, Lima, Perú

✎ **Moshe Inbar y Carlos A. Llerena**

Procesos de erosión en andenes agrícolas andinos en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú

✎ **Carlos Garnica y Víctor Barrena**

Identificación y evaluación de los andenes de la comunidad campesina San Juan de Iris, Lima, Perú, utilizando imágenes de radar

✎ **Luis Masson**

Experiencia de campo en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú

✎ **Luis Taboada y Raúl Dolorier**

Experiencia de rehabilitación de andenes de la Agencia Santa Eulalia del PRONAMACHCS, San Juan de Iris, Huarochirí, Lima

✎ **Carlos A. Llerena, Moshe Inbar y Amanda De la Torre**

Caracterización de andenes en la cuenca del río Santa Eulalia



Cultura y sociedad en San Juan de Iris

(Culture and society in San Juan de Iris)

RESUMEN

San Juan de Iris es una comunidad campesina ubicada en la cuenca alta del río Santa Eulalia. Documentos coloniales indican que el pueblo formaba parte de la Doctrina de San Pedro de Casta, y que durante las últimas fases prehispánicas conformó la Huaranga de Santiago de Carampoma. Desde la perspectiva fiscal, la población fue organizada a través del tributo, generando una serie de estrategias para adecuarse al sistema. A inicios de la República existió el proyecto liberal para la construcción de ciudadanía; el tributario debía convertirse en ciudadano. Sin embargo, la urgencia de la caja fiscal “reactivó” el tributo bajo la forma de contribuyentes. La protección estatal del entorno comunal fue la vía. Las comunidades campesinas actuales son el resultado de procesos nacionales cohesionadores y excluyentes. Preguntarnos en que tipo de proceso nos hallamos servirá para aplicar planes de desarrollo adecuados.

ABSTRACT

San Juan de Iris is an agrarian community in the Santa Eulalia river upper basin. Colonial documents includes the village in the jurisdiction of San Pedro de Casta, the largest village in the area. However, during the last pre-Hispanic periods it belonged to the Huaranga of Santiago de Carampoma. From the fiscal point of view, the population was organised through the “tributo”, or tax system, with several strategies to adapt to the system. With the beginning of the Republican era, a liberal project is established for the new citizenship; every taxpayer has to become a citizen, however the fiscal needs reactivates the “tributo”, by a state protection of the community frame. The present farm communities are the result of cohesive and disrupting national processes. The knowledge of the current trends in those processes will be helpful when applying adequate development programs.

¹ Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia (MNAAH), Lima, Perú, fedoramg@hotmail.com

Antecedentes prehispánicos y poblamiento colonial

El distrito de San Juan de Iris se encuentra ubicado en la provincia de Huarochirí, departamento de Lima; hallamos a esta comunidad campesina en la cuenca del río Santa Eulalia, ocupando un territorio con altitudes que oscilan entre los 2,800 y 5,000 m, aproximadamente (foto 1).

La cuenca del Santa Eulalia fue ampliamente poblada desde tiempos prehispánicos, el hoy distrito de Ricardo Palma fue conocido como San Pedro de Mama y tuvo una importancia geográfica y cultural fundamental. Las evidencias arqueológicas son notorias a lo largo de la cuenca; lamentablemente, las investigaciones en la zona son mínimas, limitándose en el mejor de los casos a labores de prospección o levantamientos topográficos.

A tres kilómetros del pueblo de San Juan de Iris, se encuentra la ciudadela fortificada de Markawasi-Iris, declarada intangible por el Instituto Nacional de Cultura, con un área de 189,254.32 m². El tipo de patrón arquitectónico indica que el poblado data del Horizonte Medio, aproximadamente entre los 500 y 900 d.C.; el complejo arqueológico se caracteriza por una plaza que se convierte en el eje de dos sectores claramente definidos. Una mayor antigüedad solo podrá demostrarse cuando se realicen investigaciones arqueológicas; es difícil aceptar un origen tardío por la cantidad de población que debió albergar. Quizá la fase agrícola tomó impulso durante ese periodo, sin embargo la ganadería podría haber sido anterior.

La ciudadela se encontraba amurallada con accesos totalmente identificados; las construcciones evidencian estructuras techadas con piedra, pocos recintos con techo a dos aguas, muros de defensa, estructura funeraria y andenería. Los pueblos del valle alto pertenecieron a una de las huarangas de Huarochirí y, en tiempos coloniales, se denominaba a este tipo de pobladores como “los Yauyos”.

Como resultado de la conquista española, los patrones de poblamiento fueron radicalmente modificados y la población indígena fue reducida en nuevos poblados, asumiendo estas unidades poblacionales una doble función: aglutinar fuerza de trabajo y afianzar el proceso de evangelización. Para el caso de San Juan de Iris, en los documentos coloniales hay indicios de que los pobladores se trasladaron hacia una zona anexa a la ciudadela Markawasi-Iris, porque al referirse a los irisinos los mencionan como “San Juan de Iris de Anchicocha”. Anchicocha actualmente es un importante reservorio de agua en el corazón del pueblo, conocido como la “laguna Anchicocha”.

San Juan de Iris estuvo dividido en cuatro ayllus: Julcambra, Cahupín, Curaca y Ayaviri; actualmente

los miembros activos de la comunidad campesina pertenecen a una de las tres parcialidades existentes: Curaca, Callán o Cahupín. Perteneció a la doctrina conformada por San Francisco de Chacalla, San Pedro de Casta y San Gerónimo de Puná, pueblos que formaron parte de la jurisdicción del Repartimiento de Chacalla; por distribución eclesiástica, San Juan de Iris fue anexo -junto con Huachupampa, Chauca y Otao- del curato de San Pedro de Casta.

La presión fiscal que vía el tributo indígena y las obligaciones de trabajo forzado de las mitas producen en la población mecanismos de defensa, utilizando paralelamente los movimientos de concentración y dispersión. En la cuenca del Santa Eulalia se producen, por matrimonio, desplazamientos hacia otros poblados de la misma cuenca. El tributario originario en algunos casos se convierte en forastero, adquiriendo otro status en el poblado receptor. El caso del pueblo de Santa Eulalia, en 1774, puede graficar el movimiento de la población: del 100% de habitantes, el 38% correspondía a originarios y el 62% a forasteros (AAL. Visita. Leg. 10, Exp. XLV). Observamos que la población forastera sumaba 82, dividida en 46 hombres y 36 mujeres, y casi en su totalidad provenía de zonas aledañas.

El ocultamiento de la población, especialmente de los adolescentes próximos a tributar, se convierte en otro mecanismo de defensa. Sin embargo, el pueblo en cifras absolutas es uno de los que contiene mayor población. En el año de 1774, San Juan de Iris estaba constituido por 307 pobladores; el censo de 1993 indica 390 habitantes irisinos. A pesar de la recuperación demográfica, ocurrida a partir del siglo XIX, y la posterior transición demográfica que elevó significativamente el número de habitantes en el Perú, tenemos casos como el de San Juan de Iris donde a pesar de haber transcurrido 249 años, el aumento de la población no llega a 100 habitantes.

Durante todo el período colonial el territorio asignado a cada reducción de indígenas no fue intangible: existieron



Foto 1. Andenería en San Juan de Iris, vista desde Laraos.

rutas legales para ampliar o reducir territorio, generando los famosos litigios por linderos, pastos, tierras, chacaras, manantiales y pueblos viejos.

Ilustraremos el caso de una disputa entre San Juan de Iris y San Lorenzo de Huachupampa, fechado en 1722, en que pobladores de Huachupampa entraron a territorio irisino y el funcionario dirimió a favor de San Juan de Iris. Interesa destacar que se utilizaron dos variables para la sentencia: número de habitantes y uso de la tierra.

El Estado colonial protege al indígena, y los poblados se convierten en unidades territoriales con estructura de gobierno. El Estado actúa mediante sus funcionarios y el pueblo es representado por sus curacas; situación que intentó modificar Simón Bolívar en 1825: el otrora tributario debería convertirse en ciudadano en tanto ejerciera como propietario particular. Sin embargo, las necesidades de la caja fiscal "reactiva" el tributo bajo la forma de contribución.

El Estado creó la contribución indígena como un fondo al que había que recurrir solamente para solucionar asuntos fiscales, a pesar de que constituía una parte importante del ingreso nacional. En 1854 se anuló la contribución de indígenas. En consecuencia los indígenas ya no tuvieron personería legal.

La comunidad campesina será el elemento cohesionador, y San Juan de Iris es un caso más de esa unidad institucional que facilita la concentración y dispersión de sus miembros como parte de la estrategia de vida. El 1º de abril de 1927 la comunidad fue reconocida formalmente como tal; con un territorio en común, deberes y derechos internos, líneas de parentesco, actividades económicas y sistema de ideas compartidos que constituyen los mecanismos aglutinadores.

Los elementos cohesionadores de largo aliento fueron: Territorio, actividad económica y gobierno

Actividad económica

La agricultura, la ganadería y la producción artesanal de quesos constituyen las principales actividades económicas de la comunidad irisina. Sin embargo, en los últimos tiempos el transporte así como las tiendas y pensiones son fuentes de ingreso importante para un núcleo de familias. La productividad agrícola y ganadera se halla asociada a la abundancia o escasez de lluvias, los pastos se secan a partir del mes de junio y se comenta que el mejor queso se hace con la leche de las vacas que pastan en el mes de agosto.

Gobierno

Los mecanismos de gobierno interno conducen a una integración social y reproducen la tradición, estableciendo la permanencia de las costumbres.

En la secuencia de cómo la población se define en los encabezados de los documentos, observamos que a principios del siglo XVII se presentaba la unidad como "caciques e indios" o "cacique principal, demás principales, *camachicos* y mandones"; durante la primera mitad del siglo XVIII se establece:

1722	Alcaldes, principales, <i>camachicos</i> y mandones.
1742-1745	Alcalde ordinario, demás principales y común del pueblo.
1744-1748	Alcalde ordinario y principal cobrador de reales tributos.

Podríamos suponer que durante los inicios virreinales el curaca mantiene el poder concedido en tiempos prehispánicos para, posteriormente, consolidado el proceso colonial, los alcaldes convertirse en alternativas de poder interno. A partir de la segunda mitad del siglo XVIII los poderes son ambiguos, observándose indistintamente alcaldes y caciques.

Los vientos libertarios llegan a San Juan de Iris, que no es ajeno al movimiento patriótico; en 1821, un personaje del pueblo envía un documento "en nombre de la comunidad de peruanos". A principios del presente siglo, en los libros de actas se puede leer: "Reunidos los oriundos, ciudadanos del lugar..."

Actualmente, son firmes los conceptos "comunero" y "junta directiva comunal".

Fiesta de la *champería*

En las zonas rurales andinas las fiestas marcan al ciclo agrario, y en el valle medio y alto del Santa Eulalia, las comunidades campesinas una vez al año celebran una faena conocida como la fiesta de la "limpia acequia" o la fiesta de la *champería* y, en círculos ciudadanos, como la fiesta del agua.

La comunidad campesina de San Juan de Iris constantemente limpia y repara los canales de riego; sin embargo, una vez al año organiza la limpieza de la acequia que conducirá el agua de las lagunas ubicadas en las partes altas de la zona. Esta faena dura una semana a fines del mes de mayo. Un complejo despliegue simbólico de ritos y representaciones se desarrolla durante esta fiesta. El cronograma tiene la siguiente secuencia:

- Domingo: - Asamblea.
- Lunes: - Asamblea.
- Distribución de cuadrillas.
- Subida hacia el primer campamento.

- Constitución de sectores de acuerdo con la función (lamperos, autoridades, coro de mujeres jóvenes, mujeres principales, comuneros jubilados).
- Martes: - Asamblea.
 - Evaluación de los trabajos.
 - Traslado al segundo campamento.
 - Se ofrece a la acequia un brujo.
 - Cambio de autoridades en la conducción de algunas tareas.
- Miércoles: - Traslado de las cuadrillas hacia los lugares más altos.
 - Cambio de autoridades.
 - Agasajo a la dueña de la acequia: se realiza un pago y se ofrece un novio.
 - Parodia de acta de matrimonio y carrera de caballos.
- Jueves: - Levantamiento del campamento y traslado al pueblo.
 - Formación de brigadas para limpiar las tres lagunas del pueblo.
 - Distribución de las brigadas de acuerdo con su condición civil (solteros, casados y viudos).
- Viernes: - Limpieza de la laguna principal del pueblo.
 - Distribución del trabajo por parcialidades (paradas).
 - Corrida del agua. Participación de pequeños brujos (*chepes*).
- Sábado: - Las parcialidades, a través de sus representantes, compiten en la carrera de caballos.

En resumen, el día domingo se organiza una asamblea que reúne a las autoridades comunales que ultiman los detalles de la semana, presentando los obsequios que los dirigentes hacen y aquello que con dinero de la caja comunal se ha comprado. El día lunes, muy temprano, la melodía de una *chirisuya* anuncia el inicio de la fiesta, se produce un fuerte movimiento de gente en el pueblo, todos organizan –desde sus puestos– la salida hacia las alturas; la población se traslada llevando todo lo necesario: ropa de abrigo, alimentos, flores, licor, coca, cigarros y menaje de cocina. El pueblo queda casi deshabitado.

La primera reunión fuera del pueblo se organiza alrededor del reservorio conocido como Mapano, requisito indispensable al llegar a este sitio será colocarse en el sombrero una pequeña cruz de paja. En Mapano se efectúa la asamblea donde las autoridades hacen uso de la palabra, los comuneros jubilados recuerdan el significado de la fiesta y exhortan a la juventud a guardar con respeto las costumbres. Se conforman las cuadrillas de lamperos quienes serán los encargados de la limpieza de la acequia; las

esposas, madres e hijas de las autoridades serán las encargadas de repartir flores y dulces a todos los asistentes, sean estos del lugar o foráneos.

Cuando se llega a Mapano se observa el reservorio vacío y una cruz pintada de color azul; durante el desarrollo de la asamblea, las autoridades, los comuneros, las mujeres, los niños y los visitantes tienen una ubicación específica en torno de la cruz. Finalizada la reunión, la cruz quedará vestida con flores y será paso obligatorio de todo aquel que se despidió del lugar.

Los lamperos, organizados en cuadrillas, empiezan el trabajo de limpiar la acequia; les espera un canal de aproximadamente 12 km que será, durante tres días, testigo de trabajo, canto, alegrías y llantos. En el canal habrá constante vigilancia de la limpieza, autoridades y cuadrillas deben trabajar sincronizadamente, si una no finaliza el espacio asignado produce malestar en las otras cuadrillas.

Las mujeres tienen un rol de primer orden durante la fiesta de la champería. La junta directiva comunal está conformada por varones; sin embargo sus esposas, hermanas o hijas deberán participar activamente en la fiesta. Se encargan del reparto de flores y dulces en las asambleas y en los descansos. Las mujeres jóvenes se agrupan en dos bloques y se las conoce con el nombre de mayoralas, ellas cantan hermosas *walinas* y *yarawis*.

Durante los tres días de trabajo en la limpieza del canal, se trabaja y pernocta en campamentos, ocurriendo una serie de hechos que ponen de manifiesto la solidaridad; los cantos personalizan a los individuos a través de sus funciones: la canción no destaca a una persona en particular, ni en términos genéricos al hombre o mujer. Cantan a los funcionarios, lamperos y mayoralas. Se particulariza a los sitios donde se encuentran los canales y las lagunas; a través del canto se nombra al lugar como fue el caso del reservorio de Mapano al cual dedicaron la siguiente *walina*:

*Silba el viento en los pajonales
y en mis labios una walina
de mi pecho brota un suspiro
contemplando al Mapanito*

*Si algún día llega la hora
en que yo dé mi último aliento
quiero irme como esas aguas
para volver entre las nubes*

Otro elemento interesante de estudio es el manejo del poder. Por ejemplo, el día miércoles se elige a un hombre que será por unas horas el marido de Iralda, la dueña de la acequia; en este lugar –conocido como Chucchay– se quedan las autoridades comunales apadrinando la unión,

y como debe continuar la limpieza del canal, se eligen nuevas autoridades. Estas saldrán de las cuadrillas de lamperos, quienes capitaneados por los nuevos funcionarios concluirán con la limpieza de la acequia hasta llegar a la toma (final del canal); los lamperos y las mayoralas cantan, beben, comen y eligen a un hombre que asumirá la personalidad del brujo de la toma, el cual con un látigo avanzará por el canal en dirección a Chucchay donde se encuentran las otras autoridades comunales.

El brujo de la toma avanza con el agua y esta entrará a una piedra horadada, enclavada en el cerro; en ese preciso momento continúa el encuentro entre Iralda y el hombre elegido como novio, vestido con maleza y flores, al cual se ha transferido poderes, convirtiéndolo en el brujo de la acequia. Llega el agua fecundando todo, y los dos brujos —el brujo pareja de Iralda y el brujo conductor del agua— se hallan frente a frente entablando el esperado encuentro, el *tinkuy*, donde uno es el complemento del otro.

La broma y burla se hallan permanentemente presentes y el día miércoles —al finalizar la limpieza— y en un lugar intermedio entre Chucchay y el campamento de Lihuire— la parodia de la lectura, desde un montículo y en voz alta, del acta del matrimonio entre Iralda y el novio, así como la elección de los padrinos, constituye el *hazmerreír* de los presentes. Como actividad final, hombres y mujeres, vale decir caballos y yeguas, compiten por premios ficticios, por ejemplo “un millón de yenes”, “dos centavos”, etc., y el aliento que la tribuna da a sus favoritos manifiesta un cariz de ficción y realidad.

Otra manifestación del manejo del poder la tenemos ese mismo día, miércoles, horas antes de la consumación del matrimonio entre Iralda y el novio elegido. Las autoridades van hacia Chucchay y en el campamento denominado Lihuire se quedan solo las mujeres; durante unas horas ellas asumirán el poder absoluto. Puede suceder que un hombre pase por el lugar, y si ellas consideran que debe ser castigado lo sujetan y colocan cabeza abajo dentro de la acequia.

En las alturas se ha organizado el trabajo sin distinción de parcialidades o estado civil, sin embargo a partir del día jueves se limpian las acequias chicas conocidas como Huancachica, Chicacocha y Churincocha, en tiempos anteriores también se limpiaba la laguna de Huachahuaco. Huancachica es la laguna elegida por los jóvenes, aquellos que están enamorados; los hijos jóvenes de los comuneros van a esta laguna; Chicacocha es la laguna destinada a los viudos; Churincocha, a los matrimonios, y a Huachahuaco otrora iban los recién casados. Cuentan los pobladores que la laguna de los recién casados era pestilente y fangosa, y la limpieza se tornaba pesada con el propósito de que supiesen lo duro del matrimonio y que, a pesar de ello, debían estar juntos. En la fiesta de la

champería de 1994, se observó que la laguna de los viudos estaba asociada a la avanzada edad de los comuneros y, para la fecha, habían peones expresamente contratados por los “viudos” o en su reemplazo asistían familiares jóvenes del sexo masculino. Podría decirse que la actualmente vigente es la de los jóvenes y, posiblemente, aún continúe con la función de unir a muchachos y muchachas de “edad casamentera”.

En la comunidad campesina, las tres parcialidades manifiestan sus diferencias en la limpieza de la laguna principal llamada Anchicocha; el viernes dividen el área del reservorio y empiezan la limpieza compitiendo por concluir primero la faena; cada año rotan, no volviendo a limpiar el mismo sitio durante dos temporadas; también compiten haciendo correr el agua por dos canales, aquel por donde sale primero el chorro de agua será el vencedor.

Otro plano de la competencia será el de los cantos, cada parcialidad tiene a sus “mayoralas” que irán junto con los poetas del pueblo creando canciones. La culminación de la competencia será una carrera de caballos que se desarrolla el sábado, último día de la fiesta. Los domingos tenían otras actividades en el pueblo mismo como el jala ave, sin embargo, actualmente ha desaparecido la costumbre.

La *champería* debe observarse como una actividad estratégica para la buena marcha comunal; en el libro de actas del año 1915, la comunidad en asamblea retoma la costumbre de multar a los comuneros mediante entrega de carneros destinados a la *champería* o, como el acuerdo hecho en cabildo público para retomar una serie de costumbres, entre ellas, los agricultores de alfalfa entregarían botellas de licor de acuerdo con la extensión de tierras, realizando la tasación una vez al año en reunión general, o el caso de los criadores de ganado vacuno quienes entregarían, de acuerdo con la cantidad de cabezas, quesos “para los trabajadores hombres y mujeres que contribuyen en la *champería* en el mes de mayo”.

Parece ser que el gasto principal para festejar la *champería* fue trasladándose a las autoridades comunales, lo que se inició como una medida debido a la sequía ocurrida en 1917, donde los gastos fueron efectuados por un funcionario comunal, otorgándole el cabildo atribuciones para cumplir con las costumbres. Hoy, el grueso de los gastos los efectúan la caja comunal y la junta directiva.

Esbozando elementos primarios permanentes durante la fiesta de la *champería*, agua, tierra y poder, podría establecerse el siguiente manejo simbólico:

1. Naturaleza y cooperación: agua y tierra
2. Símbolos de simetría y asimetría del poder

1. Naturaleza y cooperación

Entre las punas, las lagunas constituyen, en el imaginario, enormes recipientes prestos a verter el agua a través de canales que irán fecundando las tierras que a su paso riegan. El uso simbólico de la *paccha* se encuentra enraizado en la cultura andina, se trata de una pieza hecha de arcilla, piedra o madera, utilizada en acontecimientos y celebraciones asociados con la agricultura; la iconografía que acompaña a estas piezas escultóricas recrea la flora y la fauna, el agua y la tierra, lo femenino y lo masculino, transfiriendo a la pieza la fuerza telúrica que el poblador andino resumía de su cultura, condensando la relación simbólica entre las partes altas y bajas del territorio.

La *paccha* sintetiza los elementos que operan cuando el espacio se utiliza transversalmente y produce en la mentalidad andina un solo entorno de los diversos pisos ecológicos. Podría colegirse que la fiesta de la *champería* engarza mecanismos relacionados con el mundo divino, la naturaleza, la familia y el trabajo; todos ellos desarrollados simbólicamente durante la semana de festividad.

El poder se manifiesta mediante actos de unidad y contradicción: la Junta Directiva Comunal y el pueblo presente en dos contextos: como comuneros jornaleros y como miembros de una de las parcialidades. La familia, sea de los dirigentes o del llano, interviene activamente. Las esposas, preferentemente, las hijas u otro familiar femenino de los directivos son la imagen y el prestigio de la fiesta; lo escaso o abundante de los obsequios durante la *champería* será entregado, principalmente, por las señoras. Los familiares de los comuneros jornaleros acompañan durante toda la campaña de limpieza, facilitando los alimentos y abrigo, las jóvenes participan en dos coros, y la organización de cada uno de los coros corre a cargo de los dos "campos" (miembros de la junta directiva).

La participación de la mujer en la fiesta de la *champería* asume niveles de distinción:

- Mujeres de los principales.
- Mujeres jóvenes y solteras que conforman los coros que acompañan la fiesta, "mayoralas".
- Mujeres viudas.

Población masculina y femenina asociada a la función desempeñada durante la *champería*, se encuentran estrechamente vinculados al uso del espacio mediante imágenes y signos; el caso de la asamblea en Mapano, el lunes por la mañana, es un ejemplo.

La *Champería* tiene implícita la función de la fertilidad, la reproducción se halla asociada a la tierra y población; las autoridades con sus esposas y los comuneros jubilados

conforman un bloque, así como los lamperos y las mayoralas forman el otro. El primer grupo representa la familia constituida, el orden y la autoridad; el segundo, juventud y trabajo. Hay lugares donde lo femenino y masculino están claramente evidenciados y otros donde se manifiesta la cooperación de toda la comunidad o competencia entre sus miembros, ambas contextualizadas en trabajo concreto o fiesta particular de cada parcialidad.

2. Símbolos de simetría y asimetría del poder

Flores, caramelos, coca, cigarros, licor y comida son elementos simétricos del poder.

Flores amarillas. Cada una de las esposas, hijas o familiares de sexo femenino que acompaña a la autoridad comunal tiene la responsabilidad de distribuir entre los asistentes las flores, durante los diversos actos oficiales que transcurrirán durante los días de la fiesta.

Caramelos. Al igual que las flores, los dulces son repartidos entre los participantes por las mujeres.

Coca. Entregada durante la limpieza de la acequia por las autoridades comunales.

Comida. En la *Fiesta de la Champería* del año 1994, la Junta Directiva Comunal se encargó de beneficiar una res el día lunes. Fue preparada por los familiares femeninos de las autoridades, alimentando a los participantes los días que pernoctaron al aire libre en las alturas. Los días miércoles y viernes se preparó una comida especial, la primera repartida en las alturas cuando los comuneros finalizaron la limpieza de la acequia, y la segunda, con mayor fastuosidad, se presentó después de la limpieza de la laguna Anchicocha, en el pueblo de San Juan de Iris.

Relación:

Elementos simétricos permanentes

Autoridades comunales

Mujeres principales

Redistribución

Ejercicio del poder

Objetivo:

Producción y productividad

Cohesión social

En tiempos antiguos el curaca constituía la síntesis del poder local, los canales para ejercer el mando y autoridad eran múltiples y se manifestaban en ceremonias oficiales, en manejo de la fuerza de trabajo, justicia y administración. Por evidencias actuales, podría afirmarse que el rol y status que la Junta Directiva Comunal contemporánea asume puede haberse originado en la relación que el curaca y el pueblo tuvieron cuando celebraban fiestas como la descri-

ta. El sistema decimal de autoridad que impuso el estado inca desde la cabeza de familia, pasando por el jefe de cinco, diez, cien y más familias, puede ser el antecedente más remoto de la distinción, jerárquica y administrativa, entre las familias locales.

Desarrollo y cambio cultural

La asistencia técnica y la forma de cómo aplicar un modelo de planificación comunal nos retrocede en el tiempo hacia múltiples intentos de asociar comunidad campesina con desarrollo; tema espinoso, por cierto, pero inevitable. En San Juan de Iris se ejecutan proyectos principalmente orientados al riego y reforestación, sin dejar de mencionar aquellos de infraestructura, como redes de agua potable y desagüe.

La activa participación de la población en los convenios ejecutados va dejando atrás esa posición paternalista de otorgar asistencia técnica desde la perspectiva de la asimetría. Los irisinos han asumido los retos. No obstante, alcanzar la eficiencia será posible cuando todos los sectores de la sociedad la concreten paralelamente.

Revisando los libros de la Comunidad de San Pedro de Casta había en algunas hojas correcciones a lo escrito, sobre la palabra “laguna” se corrigió “reservorio”, este inofensivo “aclarar los términos” encierra la casi nula comprensión conceptual de aquellos agentes externos que laboran dentro de las comunidades campesinas respecto de la ideología andina.

Conclusiones

1. Las intensivas migraciones hacia las ciudades de prestigio y el secular olvido político de las comunidades campesinas no han logrado que estas colapsen. Las presiones externas han recibido como respuesta estrategias de vida adecuadas al sistema. Las comunidades campesinas, en mayor o menor grado, se han convertido en zonas de resguardo, entablando en las ciudades receptoras de población mecanismos de cohesión y cooperación.
2. La integración social reproduce modelos de comportamiento ya conocidos, y las administraciones internas constituyen las bisagras entre el Estado, con sus leyes, reglamentos, organismos públicos, así como instituciones privadas interesadas en aplicar proyectos en la comunidad. Parte de los cambios culturales dependerán de las nuevas formas de comunicación, donde el agente modificador establezca relaciones simétricas.
3. La cooperación técnica de los programas de riego y reforestación, entre otros, podrían coordinar con otro tipo de especialistas y comuneros para crear nuevas fuentes de trabajo; por ejemplo, levantamientos topográficos de las zonas arqueológicas para que puedan ser declaradas intangibles. Estas labores posibilitarían una defensa del patrimonio y la ocasión para incentivar el turismo. La existencia de sendos comités de turismo comunales evidencia las nuevas inquietudes.



Foto 2. San Juan de Iris

La recuperación de andenes como parte de un manejo integral de cuencas: el caso de la subcuenca del río Rímac, Lima, Perú

(The recovery of terracing as part of integral river basin management: The case of the Santa Eulalia Rimac river sub basin)

RESUMEN

Dentro de un manejo integral de cuencas, la tecnología de andenes permitiría la restauración de los ecosistemas de la cuenca, al realizar un uso más eficiente del agua, disminuir los riesgos de erosión y permitir la revegetación de laderas. Mediante técnicas de fotointerpretación y trabajo de campo se inventariaron en la subcuenca del río Rímac 4,151 ha de andenes, de los cuales 57.3% están bien conservados, 27.3% en un estado semiruinoso y 15.4% ruinoso. Actualmente el 45.4% de los andenes conservados se encuentran en la zona de vida estepa Montano Tropical, mayormente sobre la serie Volcánica Superior. El 92.4% de los andenes conservados se encuentran sobre ladera, donde la agricultura sería impracticable sin alguna tecnología como los andenes que disminuya el ángulo de la pendiente. Desde 1962 han sido (re)construidos 670 ha de andenes que reflejan la aceptación que tienen los andenes en la actividad agrícola cotidiana. Los criterios para evaluar las posibilidades de recuperación de los andenes son numerosos. Solo en función de la estabilidad geodinámica, las características apropiadas de clima y un relieve no muy abrupto se estimaron 719 ha de andenes semirruinosos y ruinosos que podrían ser recuperados.

ABSTRACT

Considering the integral management of river basins, terracing technology would restore the ecosystem and broaden the agricultural frontier. Photo interpretation technology and field work have permitted an inventory in the Rimac river sub basin of 4,151 ha of terraced fields, of which 57.3% are well preserved, 27.3% are semi deteriorated, and 15.4% in ruins. At present, 45.4% of well preserved terracing is located on Tropical Mountain Steppe, the majority of the series Superior Volcanic; 92.4% on slopes where agriculture would not be practicable without some form of technology to decrease the angle of slope. Since 1962, 670 ha of terracing has been rebuilt, which goes to show the degree of acceptance that terracing enjoys in daily farming activity. Criteria for the evaluation of possibility of recovery are numerous. Only taken into consideration geodynamic stability, appropriate climate characteristics, and a not too rugged slope, an estimated 719 ha of deteriorated and ruinous terraces could be recovered.

¹ Instituto Nacional de Ecología, México D.F., México, hcotler@ine.gob.mx

Introducción

Año tras año los habitantes de la cuenca del río Rímac recelan la llegada del verano con su corolario de deslizamientos de tierra, coladas torrenciales (*huaicos*), derrumbes y pérdida de suelo y agua por escorrentía superficial. Estos procesos no solo causan un grave deterioro ecológico del ecosistema de la cuenca, el cual se recupera muy lentamente después de haber sido degradado, sino que ocasionan impactos negativos en zonas aledañas. Estos fenómenos de erosión causan serios daños a la infraestructura de transportes, aumentan considerablemente la carga de sedimentos de los ríos, azolvan las presas, sepultan suelos fértiles, originan interrupciones en el servicio de electricidad y el abastecimiento de agua, destruyen viviendas y causan la pérdida de vidas humanas, y recurrentemente estos problemas se agravan con la llegada del fenómeno de El Niño. Ante este panorama, se hace cada vez más patente la necesidad de un manejo apropiado de la subcuenca del río Rímac. Solo en la última década se han preparado múltiples estudios de prevención de desastres, informes sobre identificación de problemas ambientales, bases de datos y diagnósticos sobre los recursos naturales, que hasta hoy no han tenido una utilidad práctica. Uno de los factores que podría estar limitando la aplicación de estos estudios es la falta de una visión ecosistémica de la cuenca, donde se integren tanto los factores bióticos, físicos y socioeconómicos, con la participación activa de la población beneficiaria y de las instituciones involucradas, lo cual posibilitaría una gestión efectiva de dicha cuenca. En este contexto, el presente artículo considera la recuperación de andenes como parte de un manejo integral de la cuenca (Cotler, 1986 b).

Los andenes constituyen la tecnología más adecuada para la utilización de tierras en zonas de laderas. Esta tecnología reduce al mínimo el gradiente de la pendiente, con lo que la erosividad del escurrimiento superficial disminuye. El papel de los andenes en la conservación del suelo es ampliamente reconocido al reducir de 1.4 a 7 veces la pérdida de suelo en relación a cultivos sin práctica de conservación (Trueba *et al.*, 1979; Kemper y Derpsch, 1981). La estructura de los andenes y la amplia distribución de canales permite un mejor aprovechamiento del agua y un regulamiento del balance térmico.

Un inventario de recursos constituye una información indispensable para la toma de decisiones futuras. Por lo cual el objetivo principal del presente estudio es obtener el área total de andenes en la subcuenca del río Rímac y, en vista de su futura utilización, se precisa el estado de conservación de los andenes, relacionado con su situación geomorfológica, las zonas de vida y el uso actual. Finalmente, se discute la posi-

bilidad de recuperar esos andenes dentro de un plan de manejo integral de la subcuenca del río Rímac.

Zona de estudio

La subcuenca del río Rímac (o río San Mateo) se encuentra en las provincias de Lima y Huarochirí (departamento de Lima), ocupando un área de 127,718 ha, delimitadas por las coordenadas 11°40' y 12°00' sur y 76°10' y 76°30' oeste. La confluencia del río San Mateo con el río Santa Eulalia, cerca de la localidad de Ricardo Palma, conforma la cuenca del río Rímac.

La historia geoestructural de esta zona se caracteriza por la depositación durante el Cretáceo Inferior de areniscas, cuarcitas y lutitas del Grupo Goyllarisquizga (Ki-g) y durante el Cretáceo Medio de calizas claras intercaladas con lutitas arenosas, calizas oscuras, bituminosas y margas del grupo Caliza Machay (Km-m). La ubicación de esta última litología en un medio semiárido induce a la caliza a comportarse como una roca resistente, formadora de paisajes agrestes, como son los acantilados y las crestas. A partir del Cretáceo Medio la formación litológica dominante está representada por la Serie Volcánico Superior (Ti-v) que comprende una sucesión de derrames volcánicos (coladas de brechas y piroclastos) de tipo andesítico. Este material, fuertemente intemperizable, da origen en las zonas húmedas a procesos erosivos tales como coladas de barro y lavas torrenciales (*huaicos*). Por encima de la Región Yunga predominan afloramientos de rocas volcánicas más compactas como riolitas intercaladas con lutitas y areniscas. En general estas rocas originan suelos arcillosos y arcillo-arenosos de poca profundidad y con pH ácido. Una de las mayores formaciones litológicas esta constituida por el Batolito Andino (Kt-i), intrusión formada por rocas ígneas intrusivas como granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, que aparece a fines del Cretáceo. La ubicación del batolito en una zona árida hace que esta formación sea poco erodable, limitando sus procesos erosivos a escurrimientos superficiales. Los suelos presentan una textura areno y areno-arcillosa, con una profundidad y pH variables. Durante el Terciario Inferior y el Cretáceo Superior se disponen en la parte superior de la cuenca lutitas, limolitas, areniscas rojizas, calizas y bancos de conglomerados pertenecientes al grupo Capas Rojas (Kt-cr).

El levantamiento continuo y progresivo de los Andes (Wörner, 1991) engendra un relieve longitudinal emergente, responsable del fuerte desnivel en esta zona: de 1,000 a 5,000 metros en sólo 38 km de distancia. Este desnivel se traduce en la incisión del valle principal, el abrupto modelado actual, la disección de las laderas por los tributarios y la variación topoclimática, la cual se expresa en nueve zonas de vida (ONERN, 1976) reunidas en tres regiones geográficas (Pulgar Vidal, 1987). La región

Yunga (sierra baja) de 500 a 2,800 m incluye las zonas de vida: matorral desértico-Premontano Tropical (md-PT), matorral desértico-Montano Bajo Tropical (md-MBT), estepa espinosa-Montano Bajo Tropical (ee-MBT). Debido al déficit hídrico, la agricultura en esta región requiere de riego suplementario durante todo el año. La región Quechua (sierra media) de 2,800 a 3,500 m comprende al matorral desértico-Montano Tropical (md-MT), a la estepa-Montano Tropical (e-MT) y al bosque húmedo-Montano Tropical (bh-MT). En esta región se puede practicar agricultura de secano durante la época de lluvia, de noviembre a marzo, aunque en esta época también se requiere de riego. Finalmente, la región Puna (sierra Alta) de 4,000 a 4,800 m, la que por sus condiciones climáticas restringe el establecimiento de la mayoría de los cultivos y por ende no hay presencia de andenes.

Metodología

La identificación de las zonas andenadas en la sub-cuenca del río Rímac se realizó en tres etapas. Durante la primera etapa, de gabinete, se interpretaron las fotografías aéreas (1/60,000 del año 1962, USAF) y se extrajo información de la Carta Nacional (hoja 24-k), del mapa de zonas de vida (ONERN, 1976) y del mapa litológico (ONERN, 1975). A partir de esta información se elaboró un mapa de andenes donde se indica la geomorfología, la presencia de riego, las vías de acceso y los centros poblados. Además, apoyados en diversos autores (Dollfus, 1965; Thornbury 1966; ONERN, 1975 y 1983) se realizó una evaluación cualitativa de la estabilidad litológica en función del efecto de las diferentes zonas climáticas sobre el comportamiento de las rocas.

En la segunda etapa, de campo, se afinó el mapa elaborado y se realizó una clasificación del estado de conservación de los andenes. Se distinguieron tres tipos de andenes según su estado de conservación:

1. Andenes conservados, aquellos que presentan un talud de piedra o de tierra intacto, cuya plataforma, de pendiente variable, se encuentra nivelada y generalmente cuenta con riego constante y un uso permanente (foto 1).

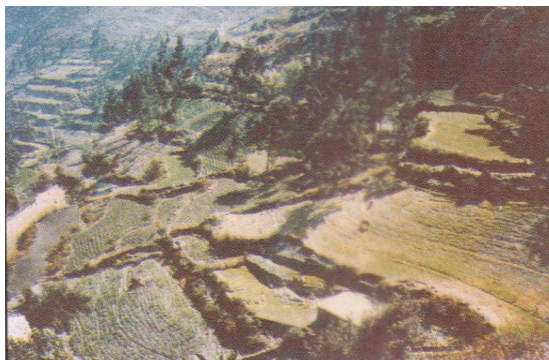


Foto 1. Andenes conservados

2. Andenes semi-ruinosos, presentan un talud de piedra parcialmente derruido y una plataforma desnivelada. El riego escaso determina que aproximadamente sólo un tercio de éstos se utilicen (foto 2).

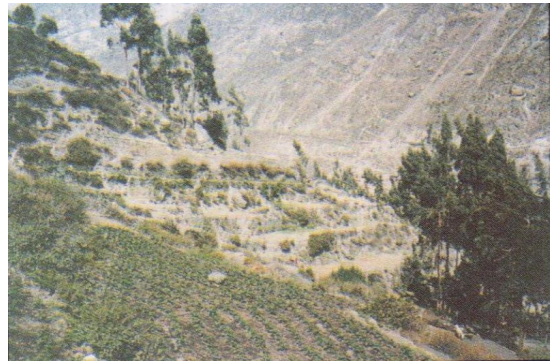


Foto 2. Andenes semi-ruinosos.

3. Andenes ruinosos, en los que no se observa una estructura clara, el talud de piedra se encuentra totalmente destruido y la plataforma completamente desnivelada, se presentan como ondulaciones en el terreno. La falta de una estructura clara y la ausencia de riego determinan su desuso (foto 3).



Foto 2. Andenes ruinosos.

También se identificaron particularidades en la construcción de los andenes, como: tipo de talud, presencia de canales y desagües, características de la plataforma; y el uso actual de los andenes: tipos de cultivo, disposición de surcos y disponibilidad de agua de riego.

Finalmente, se estudiaron tres perfiles de suelo correspondientes a las tres litologías más importantes de la zona de estudio (los resultados de los análisis de suelo pueden consultarse en Cotler, 1986b).

Durante la tercera etapa, se elaboró el mapa final de andenes, complementado con información geomorfológica, de zonas de vida y estado de conservación.

Resultados

En la subcuenca del río Rímac se inventariaron 4,151 ha de andenes, de las cuales 2,379 ha (57.3%) se encuentran en buen estado de conservación, 1,132 ha (27.3%) en una condición semiruinosa y 640 ha (15.4%) de andenes en un estado de conservación ruinoso.

Características de los andenes de la subcuenca del río Rímac

Los andenes encontrados presentan características de construcción disímiles. Así, el talud de las terrazas puede ser de piedra o de tierra, independientemente de la gradiente de la pendiente, del ancho de la plataforma o de la estabilidad de la geoforma. No obstante, en lugares donde el clima es benigno y la pendiente es ligera (menor de 20%), se aprovecha el talud de tierra para el cultivo de vegetación herbácea.

La plataforma de los andenes presenta dos tipos de pendiente: longitudinal y lateral. La pendiente longitudinal es siempre hacia el andén superior y la pendiente lateral está dirigida hacia el canal principal. La dinámica de estas dos pendientes permite un adecuado flujo de agua dentro de la plataforma. Las plataformas disminuyen la pendiente de las laderas, aunque con grados de inclinación variables de 2 a 5% hasta 25 o 40%. Así, en la localidad de Caruya, se utilizan andenes que presentan una pendiente de 25%, a diferencia de la inclinación de esa misma ladera que es de 55%. La relación inversa aconsejable entre la pendiente de la ladera y el ancho de la plataforma no es uniforme. En el sector de San Mateo son comunes las plataformas de 30 a 40 metros en laderas con pendientes de 55 a 60% y plataformas de 10 a 15 metros en laderas con 15% de pendiente. Actualmente y debido al tipo de tenencia de la tierra, las plataformas no logran un aprovechamiento máximo de todo el ancho de la ladera, ya que se encuentran seccionadas mediante *pircas*.

La disponibilidad de agua para riego determina el uso de los andenes, por lo cual el mantenimiento de este recurso es vital para la conservación y recuperación de los andenes. En el área en estudio, aproximadamente el 90% de los andenes conservados en uso tienen riego. La fuente de agua es variable según las características de cada zona. Puede provenir de manantiales a través de infiltración natural, como es el caso de andenes del sector de San Mateo y de San Miguel de Viso y de los andenes en las quebradas del río Blanco y de Chucumayo. En otros lugares se ha procedido a la canalización del agua de manantiales o bien a la concentración y posterior canalización de riachuelos. Y, por último, el desvío de cursos de agua, como es el caso de las comunidades de Collata y Unturos, donde se ha recuperado una acequia preincaica de 15 km para irrigar los andenes.

Influencia del medio físico sobre el estado de conservación de los andenes

La conservación de los andenes responde a la integración de diversos factores del medio físico, tales como las condiciones climáticas, litológicas, las geoformas en las cuales se ubican y la morfodinámica a la cual están sujetas. Estas características determinarán, en un cierto grado, la factibilidad de uso de los andenes, lo cual, a fin de cuentas, decide su conservación.

Las características climáticas, reunidas en las zonas de vida, juegan un papel importante en el uso y mantenimiento de los andenes. Estas características determinan un balance hídrico y temperaturas favorables para los cultivos, disponibilidad de agua para riego, y por último, influyen en la intemperización de las rocas.

En la subcuenca del río Rímac la mayor parte de los andenes conservados se encuentran en la zona de vida estepa-Montano Tropical (cuadro 1), que abarca la parte central de la cuenca donde el valle, en forma de cañón, se encuentra rodeado de laderas, las cuales constituyen el principal paisaje fisiográfico. En las otras zonas de vida pertenecientes a la región Quechua las principales limitaciones para la conservación de los andenes son: el relieve abrupto, con pendientes de 70% en la zona de vida matorral desértico-Montano Tropical, y altitudes que impiden la instalación de numerosos cultivos comerciales, como es el caso de la zona de vida bosque húmedo-Montano Tropical.

Por otro lado, la conservación diferenciada de los andenes en la región Yunga se explica principalmente por las provincias de humedad y la fisiografía que caracteriza cada zona de vida. Así, su ubicación en la provincia de humedad semi-árida y no árida determina que la zona de vida estepa espinosa-Montano Bajo Tropical mantenga la mayor concentración de andenes en esta región.

En el cuadro 2 se observa que el mayor grupo de andenes en el área de estudio se ubica en un medio litológicamente inestable (serie Volcánica). Esta concentración puede deberse a dos factores relacionados entre sí: la distribución de esta litología coincide con una zona de vida propicia para el cultivo en secano, como es la formación estepa-Montano Tropical, la cual también favorece la intemperización de la roca determinando que los suelos en este ámbito sean más desarrollados (*Phaeozem Háplico*) en relación con los Regosoles eútricos formados sobre el batolito andino.

Dentro de cada formación climática y litológica, los andenes se han dispuesto en diversos paisajes fisiográficos como son la ladera de montaña, el valle aluvial, el piedemonte y el abanico aluvial. Sin embargo, como se aprecia en el cuadro 3, el mayor porcentaje de los andenes se halla en

Cuadro 1. Estado de conservación de los andenes en función de las zonas de vida en la sub-cuenca del río Rímac

Región Geográfica	Zonas de vida	Estado de conservación (ha)			
		Bueno	Semi-ruinoso	Ruinoso	Total
Yunga	matorral desértico-Premontano Tropical	269	56.5	62.5	388
	estepa espinosa-Montano Bajo tropical	765.5	153	31	949.5
	matorral desértico-Montano Bajo Tropical	152.5	95	131	382.5
Subtotal		1,187	304.5	228.5	1,720
Quechua	matorral desértico-Montano Tropical	-	12	-	12.0
	estepa-Montano Tropical	1,079.5	742	336	2,157.5
	bosque húmedo-Montano Tropical	113	73	76	262
Subtotal		1,192.5	827	412	2,431.5
TOTAL		2,379.5	1,131.5	640.5	4,151.5

Cuadro 2. Efecto de la litología sobre la conservación de los andenes

Litología	Estabilidad	Estado de Conservación (ha)			
			Semiruinoso	Ruinoso	Total
Serie volcánica Superior (Ti-v)	Débil resistencia al fracturamiento (Inestable)	1,074 (50.6%)	607.5 (28.6%)	441 (20.8%)	2,122.5 (100%)
Batolito Andino (Kt-i)	Buena resistencia al fracturamiento (Estable)	765.5 (80.6%)	153 (16.1%)	31 (3.3%)	949.5 (100%)
Grupo Caliza Machay (Km-m)	Buena resistencia al fracturamiento (Estable)	540 (50%)	371 (34.4%)	168 (15.6%)	1,079 (100%)
TOTAL (ha)		2,379.5	1,131.5	640	4,151

Cuadro 3. Estado de conservación de los andenes y paisajes fisiográficos en la subcuenca del río Rímac

Paisaje / Estado de conservación (ha)	Ladera	Piedemonte	Abanico aluvial	Valle aluvial
Conservado	2,199	31.2	133.7	15.3
Semirruinoso	1,131.8	-	-	-
Ruinoso	64	-	-	-
TOTAL	3,970.8 (95.7%)	31.2 (0.7%)	133.7 (3.2%)	15.3 (0.4%)

las laderas de montaña, donde la agricultura sería impracticable si no se utilizara alguna tecnología –como los andenes– que disminuya el ángulo de inclinación de la pendiente. Mientras que en los valles aluviales solo se han encontrado evidencias de andenes en San Mateo y en la quebrada de Canchacalla. En esta última los andenes encontrados son del tipo de “terrazas de fondo de valle”, las cuales cubren toda la extensión del valle con frutales variados. No obstante, en los tipos de paisaje donde es necesario tomar mayores precauciones es en los abanicos aluviales y en los piedemontes, debido a que se encuentran en la desembocadura de quebradas o cárcavas que pueden estar activas o reactivarse en alguna época del año, causando considerables deterioros. Se puede visualizar la distribución de los andenes según la geoforma en la subcuenca del río Rímac (figura 1).

Uso actual de los andenes

En la subcuenca del río Rímac un 65.5% de los andenes inventariados se encontraron cultivados al momento de realizar el estudio. En este porcentaje se encuentran la totalidad de los andenes conservados y 30% de los andenes semirruinosos (cuadro 4). El uso tradicional de los andenes se ha diversificado considerablemente, adaptándose a las condiciones climáticas dentro de la cuenca. Desde las zonas de mayor a menor altitud se han visto cultivos de papa y alfalfa en rotación con maíz, oca y olluco en el sector de San Mateo y Matucana; cultivos de alfalfa, maíz, flores y frutales (manzano, tunas, paltos), alrededor de la

localidad de Surco; y cultivo de frutales diversos (manzano, chirimoyo, palto y membrillo), en la quebrada de Canchacalla. Si bien estos cultivos requieren prácticas agrícolas distintas, los andenes no presentan mayores diferencias en cuanto a su constitución. El arado de los andenes es bastante irregular, pudiéndose encontrar surcos perpendiculares a la pendiente, oblicuos a ella, en el sentido de la misma y, en algunos casos, siembras en golpe sin surcos. Además del uso agrícola también se han encontrado andenes utilizados con especies forestales.

Las técnicas de cultivo en los andenes se han ido adaptando a los requerimientos de la población. Hoy en día no es raro observar el trabajo con tracción animal en las labores de cultivo. Esta situación también fue advertida por el Programa Nacional de Conservación de Suelos y Aguas en Cuencas Hidrográficas (PNCSACH, 1984), el cual concluye que uno de los impedimentos que objetan los campesinos para la construcción de los andenes es que cuando estos son demasiado estrechos no les permiten utilizar la yunta, instrumento indispensable para el ahorro del tiempo y para aligerar las tareas, en especial para aquellos agricultores que son migrantes.

Antigüedad de los andenes y su estado de conservación

En el presente trabajo, la antigüedad de los andenes fue establecida mediante la comparación de fotografías aéreas del año 1962 con la extensión andenada hallada durante

Cuadro 4: Uso actual y estado de conservación de andenes en la subcuenca del río Rímac

Estado de conservación	Conservado	Semi-ruinoso	Ruinoso	Total
Total (ha)	2,379	1,132	640	4,151
En uso actual (ha)	2,379 (100%)	339.5 (30%)	-	2,718.5 (65.5%)

Cuadro 5. Antigüedad de los andenes y su estado de conservación

Estado de conservación Antigüedad	Conservado (ha)	Semi-ruinoso (ha)	Ruinoso (ha)	Total (ha)
Antiguos	1 856,5 (53,2%)	1 005 (29%)	620 (17,80)	3 481
Recientes (posteriores a 1962)	523 (78%)	127 (19%)	20 (3%)	670
Total	2 379,5	1 132	640	4 151

el trabajo de campo (1984-1985). Se consideran andenes recientes aquellos que no aparecen en las fotografías, pero que sin embargo se encontraron en el área de estudio. Así se constató que en la subcuenca del río Rímac se han reconstruido 670 ha de andenes, de las cuales un 78% se mantienen en buen estado de conservación y solo 3% de los andenes están abandonados y en un estado ruinoso (cuadro 5). Solo en dos ambientes se han hallado andenes (re)construidos. Uno de ellos, y el más importante, se ubica en la zona de vida estepa espinosa-Montano Bajo Tropical, coincidente con la litología del batolito andino, de adecuada estabilidad, y el segundo, en una proporción mucho menor, se encuentra en la zona de vida matorral desértico-Premontano Tropical, situado sobre la serie Volcánica Superior, caracterizada por su inestabilidad litológica.

Se han identificado cambios en la construcción de los andenes recientes. Así, el material utilizado son piedras con cemento, y las pendientes, tanto de las plataformas como de los taludes, son mínimas. Sin entrar en la discusión de lo apropiado de los materiales o de la técnica de construcción utilizados, es necesario recalcar que esta (re)construcción puede interpretarse como una aceptación de los andenes en la actividad agrícola cotidiana.

Posibilidades de recuperación

Los criterios para evaluar las posibilidades de recuperación de los andenes responden a numerosos factores, los cuales requieren ser estudiados de manera sistémica. Entre ellos, se pueden nombrar la disponibilidad de agua, la presencia de una población beneficiaria organizada, cierta estabilidad geodinámica, características apropiadas de clima y un relieve no muy agreste.

La evaluación de recuperación de andenes para la subcuenca del río Rímac solo se realizó tomando en cuenta los cuatro últimos factores mencionados. Así, el estimado de andenes factibles de recuperar (cuadro 6) representa el 17.3% de la superficie total de andenes en la subcuenca. Aunque ello no significa necesariamente que el resto de andenes semiruinosos y ruinosos no incluidos en este

porcentaje no puedan ser recuperados e incorporados a la agricultura. Las dos zonas de vida que presentan la superficie andenada con mayores posibilidades de recuperación son la estepa espinosa-Montano Bajo Tropical y la estepa-Montano Tropical.

Además de las posibilidades de reconstrucción, es también factible proceder a la construcción de andenes en aquellas áreas donde la fisiografía lo exija y las condiciones geomorfológicas y climáticas lo permitan. Estas condiciones se encuentran en las intersecciones entre las zonas de vida estepa espinosa-Montano Bajo Tropical y estepa-Montano Tropical, y las litologías Batolito andino y el grupo Caliza Machay, caracterizadas por ser las más estables.

Cuadro 6. Posibilidades de recuperación de andenes semi-ruinosos y ruinosos en la subcuenca del río Rímac.

Estado de conservación	Posibilidades de recuperación (ha)
Semi-ruinoso	520.6 (46%)
Ruinoso	198.4 (31%)
Total	719

Conclusiones y discusión

La superficie andenada (4,151 ha) encontrada en la subcuenca del río Rímac presenta características de construcción disímiles, muchas de las cuales difieren de la concepción original, aminorando su potencial de conservación de suelos y aguas. Por ejemplo, no siempre se cumple la relación inversa entre la pendiente de la ladera y el ancho de la plataforma correspondiente, que permite ejercer un mejor control de la erosión hídrica al disminuir la velocidad de la escorrentía. La mayoría de los andenes conservados se sitúan en la zona de vida estepa-Montano Tropical, en laderas sobre la serie Volcánica, cuya fácil intemperización propicia la formación de suelos desarrollados.

Hoy en día 2,718.5 ha de andenes se encuentran bajo múltiples usos, desde cultivos de oca, olluco, maíz, alfalfa, hasta frutales y especies forestales. Por lo tanto, las técnicas agrícolas utilizadas en los andenes se han ido adaptando a los requerimientos de la población. Así, el uso de tracción animal y el surqueo han ido variando las dimensiones y las estructuras de los andenes.

Si bien el uso de los andenes es una condición necesaria para su conservación, la ausencia de una organización de la población que asegure el mantenimiento de los andenes y de sus respectivos canales a lo largo de varios pisos altitudinales dificulta la conservación de esta estructura en su conjunto.

En la subcuenca del río Rímac, las 670 ha de andenes (re)construidos evidencian el interés de los campesinos por este tipo de tecnología. Aunado este hecho al papel de los andenes en la agricultura andina, en la conservación de suelos y aguas y en el mantenimiento del frágil equilibrio ecológico, se hace patente la importancia de esta tecnología en cualquier plan de manejo que se elabore para esta área.

A nivel de la cuenca del río Rímac, a los 4,151 ha de andenes inventariados en la sub-cuenca del río Rímac hay que añadirle las 6,382 ha de andenes que Masson *et al.* (1983) reportan para la sub-cuenca del río Santa Eulalia. Del total de 10,533 ha de andenes, 3,931.8 ha se encuentran en uso y 2,365 ha tienen posibilidades de recuperación.

Potencialmente los andenes constituyen una técnica apropiada para la conservación de suelos y agua en ambientes de ladera, sin embargo, su recuperación requiere de un estudio integral, donde se incluyan tanto los aspectos físicos locales como las condiciones socio-económicas. Tal

enfoque busca evitar los fracasos ocurridos con las experiencias de rehabilitación de andenes durante gobiernos anteriores. Por lo tanto, antes de iniciar la recuperación de los andenes es necesario estudiar las causas de su abandono, las cuales son principalmente naturales (Donkin, 1979; Denevan, 1988) y antrópicas (Rostworowski, 1986).

Al establecerse a lo largo de distintas geoformas, estabilizándolas, mejorando las características edáficas, y en general la calidad del sitio, disminuyendo los daños por erosión en zonas alledañas, haciendo más eficiente el uso del agua y permitiendo el establecimiento de cultivos apropiados según el microclima, los andenes componen más que una técnica de conservación, constituyen una técnica que integra los distintos componentes del ecosistema de una cuenca, por lo cual su recuperación y uso tienen que realizarse dentro de un concepto de manejo integral de una cuenca.

La recuperación de los andenes en la sub-cuenca del río Rímac tiene que ser considerada dentro de un plan de manejo integral que considere desde la estabilización y el control de contaminación de las lagunas en la parte superior de la cuenca, la reforestación de las laderas altas, el uso de cultivos adaptados al clima regional, el control de cárcavas, el uso de prácticas agrícolas adecuadas como surcos contra el sentido de la pendiente, uso de abonos verdes, instalación de cultivos asociados y policultivos, y en las zonas de pastoreo un adecuado sistema de rotación de pastizales, que impida la formación de terracetas, entre otras. Solo así, la inversión generada para la recuperación de esta tecnología será redituable y sobretodo se iniciará la restauración de un ecosistema bastante degradado como es el de la subcuenca del río Rímac.

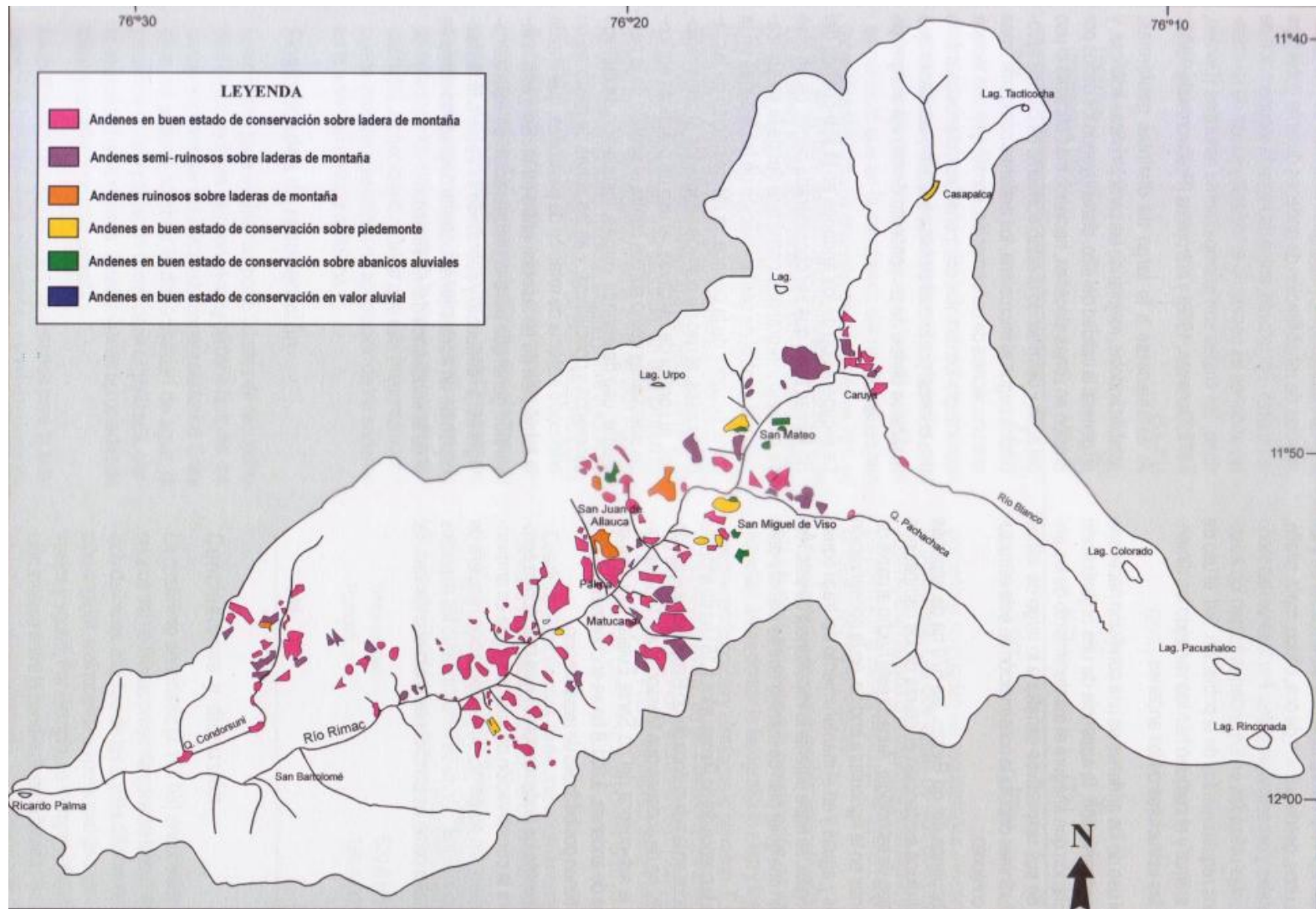


Fig 1. Distribución y estado de conservación de andenes según geoforma en la subcuenca del río Rímac.

Procesos de erosión en andenes agrícolas andinos en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú

(Erosion processes in Andean agricultural terraces of the Santa Eulalia basin, Lima, Peru)

RESUMEN

La formación del andén en las laderas montañosas se origina con la construcción del muro que retiene el suelo, almacena el agua y crea una superficie de moderado relieve que permite el cultivo y el riego. El abandono del andén agrícola tiene efectos negativos y promueve la erosión del suelo. La tendencia en las últimas décadas es dejar de cultivar en los andenes, transformándose estos en zona de pastoreo sin mantenimiento ni rehabilitación de los andenes degradados. El objetivo del presente estudio es determinar la magnitud y analizar los procesos de erosión de andenes andinos, en base a trabajos de campo en 4 parcelas de experimentación con áreas de 50 a 100 m² instaladas en San Juan de Iris (3,500-3,800 m), en la cuenca superior del río Santa Eulalia, principal afluente del río Rímac. En las parcelas se colectó el agua y los sedimentos de la escorrentía superficial durante el periodo de lluvias. Se utilizó también un simulador de lluvias para analizar ritmos de infiltración y escorrentía en andenes con distintas características morfológicas. Se hizo un estudio morfométrico de 233 andenes para establecer sus características topográficas, morfológicas y su estado de degradación. El proceso de derrumbe del muro es el más importante en la erosión del andén y se manifiesta en una etapa inicial por su abombamiento o pandeo por la presión lateral del suelo. Los derrumbes ocurren durante eventos de lluvias con alta intensidad. Luego del derrumbe aumentan la pendiente en la plataforma del andén, la erosión superficial y la degradación del suelo.

ABSTRACT

Terrace building on mountainous slopes starts with the wall building, which contains the soil, has the function of water storage and creates a flat platform which enables cultivation and irrigation. The terrace abandonment is a negative process promoting soil erosion. The trend in the last decades is to abandon the terrace cultivation, changing them to pasture areas without maintenance or rehabilitation of the terraces. The aim of this study is to determine the soil erosion values, and to analyse the erosion processes in the andean terraces. The study was based in field experiments: 4 plots from 50 to 100 m² each were installed in San Juan de Iris (3500-3800m) in the Santa Eulalia river upper basin. Water runoff and sediment yield were collected from the plots during the rainy season. A rain simulator was used in order to find infiltration rates and runoff in terraces with different morphological characteristics. The morphological, topographic, state of abandonment characteristics of 233 terraces in different areas were measured. The wall collapse process is crucial for the terrace erosion curse and begins with the wall bulging, due to the lateral pressure of the saturated soil after high intensity rainfall. After the wall falls, the slope becomes steeper and soil erosion increases.

¹ Departamento de Geografía, Universidad de Haifa, Israel, inbar@geo.haifa.ac.il

² Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, calllerena@lamolina.edu.pe

Introducción

El proceso de erosión y sedimentación es parte de la evolución dinámica del globo terrestre. El agua, el viento y la fuerza de gravedad –los agentes de la erosión– liberan gradualmente la energía que los procesos geológicos acumularon en las altas laderas y montañas. El hombre, como agente erosivo, acelera este proceso natural al alterar la cobertura de la corteza terrestre exponiéndola a los agentes erosivos.

Rasgos morfológicos relacionados con altos valores de erosión de suelos son evidentes en la formación rápida de deltas, colmatación de embalses y estuarios, incisión de los cauces fluviales y lavado de suelos en laderas y zonas erodables.

Los estudios de erosión son importantes para la comprensión de la evolución de los paisajes naturales (Young, 1969), la predicción de ritmos de sedimentación en embalses (Osterkamp, 1976), estudios cuantitativos de pérdida de suelos, la función de los sedimentos como transportadores de nutrientes y agentes de polución, etc. El costo económico anual como consecuencia de procesos erosivos en los EE.UU. es de \$6,100 millones (Clark *et al.*, 1985). Brown (1984) estimó que el patrimonio global de suelos disminuye en 7% cada década.

Pobladas por largos períodos históricos, en el Perú se encuentran las regiones más elevadas del mundo, con un desarrollado sistema de terrazas agrícolas (Spencer y Hall, 1961). Las terrazas más antiguas datan de la época preclásica, alrededor de los 500 años a.C. (Donkin, 1979). Asimismo, se encontraron altos niveles de erosión en la zona montañosa (Llerena, 1987 a y b). Los ecosistemas en la región andina están caracterizados por procesos intensivos de erosión (Felipe-Morales, 1987), y los valores estimados de erosión son de 15 toneladas/ha (CEPAL, 1989). Una evaluación de grados de erosión, basada en el estudio de fotografías aéreas, determinó que el 63,8% de las zonas montañosas del Perú están afectadas por erosión ligera o moderada, pero casi un tercio o 31,2% sufren de erosión moderada o severa (ONERN, 1982).

Un factor crucial en los procesos erosivos es la conservación o abandono de las terrazas. El abandono de tierras agrícolas marginales es un fenómeno común en áreas montañosas de la península ibérica (García Ruiz, 1989), y, con el abandono de los sistemas tradicionales de cultivos agrícolas, tiene un efecto negativo y promueve el proceso de degradación del suelo.

Una estimación sobre el grado de abandono de andenes agrícolas es de 56% (ONERN, 1982). Para el valle del Colca, el valor es más alto y llega a 62% (Denevan, 1987). El área total de andenes agrícolas aún no se ha establecido, pero para el departamento de Lima el valor es de 79,400

ha (INRENA, 1996). La estimación para todo el Perú podría alcanzar los 2 millones de hectáreas (CEPAL, 1989).

Todos los programas de conservación y recuperación de andenes dan énfasis a la finalidad de reducir los valores de erosión, pero no existen estudios cuantitativos al respecto. Un programa adecuado para reducir los problemas de erosión en andenes y laderas andinas de alta pendiente debe estar basado en una base de datos y conocimiento de los factores que afectan los procesos de erosión y su distribución espacial y temporal.

El objetivo del presente estudio es el de establecer un método para determinar los valores de erosión en las zonas de andenes montañosos andinos y analizar los procesos de erosión que conducen al deterioro de los andenes.

Zona geográfica

El área experimental se ubica en la cuenca del río Santa Eulalia, principal afluente del río Rímac, con un área de 1,012 km² (Barriga, 1994). La cuenca se caracteriza por su elevado relieve topográfico, desde los 5,000 m en la zona divisoria de las aguas entre la vertiente del Amazonas y la del Pacífico hasta los 900 m en la confluencia del río Santa Eulalia con el Rímac con una diferencia de altitud de 4,000 m y declive del 6% en un recorrido de 60 km (figura 1).

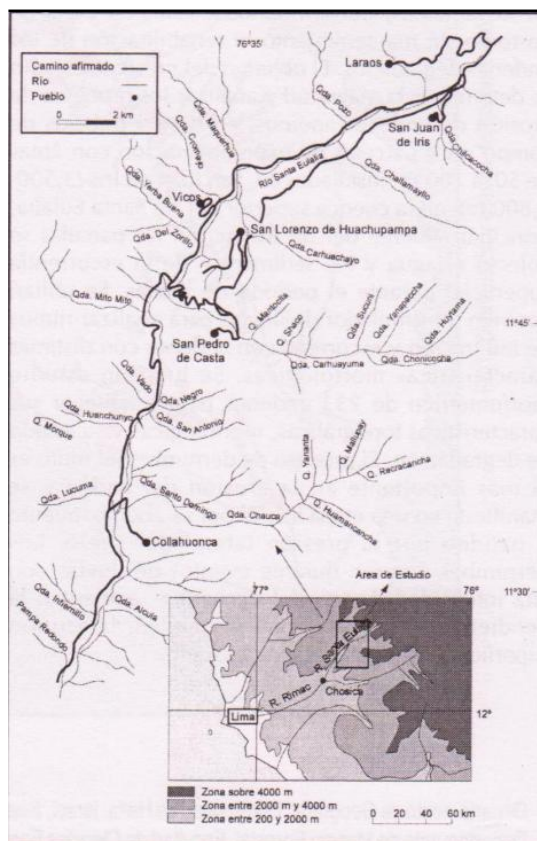


Fig. 1. Área de estudio.

Geología

En la cuenca se encuentran diversos tipos de rocas. En la cuenca alta predominan rocas de la serie Volcánica Superior y en la cuenca media predominan rocas intrusivas de diferentes tipos correspondientes al Batolito costero (ONERN, 1985). En el área de estudio se reconocen las formaciones volcánicas Calqui y Grupo Rímac, pertenecientes al período Terciario Inferior, que se encuentran al Norte de la intrusión batolítica de la zona de Huinco. Estas son unidades volcánicas intercaladas con areniscas y conglomerados de material volcánico, lavas porfíricas gris verdosas a violáceas y algo brechoides, con secuencias sedimentarias constituidas por lodolitos y areniscas. Su grosor puede pasar los 600 m. En las quebradas y valle del Río Santa Eulalia se encuentran depósitos fluviales recientes (Palacios *et al.*, 1992). Una terraza fluvial o probablemente fluvio-glacial se encuentra en la ladera de Laraos, a 150 m sobre el cauce actual del río, compuesta por cantos rodados y material arenisco fluvial.

Geomorfología y suelos

La abrupta topografía se deriva de la rápida incisión de los ríos como consecuencia del proceso epirogénico de elevamiento de los Andes. El rápido proceso de incisión fluvial se manifiesta en la falta de terrazas y planicies fluviales de inundación. En las laderas los huaicos son frecuentes y en épocas de lluvia, causan el bloqueo de carreteras. La gran pendiente de las laderas, de 40% a 100% en su mayoría (foto 2), favorece los procesos de remoción en masa y parte de las laderas están cubiertas de material de talud de gran erodabilidad.

Los suelos son generalmente litosólicos de poca profundidad por la lentitud de la decomposición de la roca y la erosión acelerada. Tienen buen drenaje interno, son fértiles y bien adaptados a la siembra de granos sin riego con 350 mm o más de lluvias (Tosi, 1994). Los suelos varían de acuerdo con los pisos ecológicos altitudinales (Córdova, 1994). Hasta los 3,800 m en las laderas y zonas montañosas se encuentran suelos residuales, profundidad variable, textura media y buen drenaje. Por encima de los 3,800 m los suelos son muy superficiales.

Masson (1986b) caracterizó los suelos de andén como Torroxic Haplustolls, presentando un perfil antrópico formado sobre el material coluvial de la ladera. La profundidad efectiva es de aproximadamente 60 cm, de textura fina, pH neutro casi sin presencia de carbonatos en el perfil. El contenido de materia orgánica es medio en el horizonte superior, disminuyendo en profundidad. La influencia del cultivo agrícola se manifiesta inclusive en andenes abandonados con una mayor concentración de fósforo, carbono orgánico y nitrógeno en suelos de andenes (Sandor y Eash, 1995).

Clima e hidrología

Las precipitaciones oscilan en la cuenca entre 800 mm anuales en la parte alta –por encima de los 4,000 m– y 100 mm anuales a los 1,000 m. Las lluvias se concentran en los meses de diciembre a abril pero en la zona alta se registran precipitaciones de nieve y lluvia a partir del mes de agosto. La precipitación media anual para la cuenca de Santa Eulalia es de 436 mm (Cuadro 1).

El máximo caudal del río se alcanza en el mes de marzo, y en junio, el mínimo. Se registran varias crecidas por año con caudales de 50 m³/s. En la zona alta se encuentran lagunas con una capacidad de embalse de 77 millones de metros cúbicos. Las lagunas son utilizadas con fines hidroeléctricos, y una pequeña parte se deriva en canales con fines de irrigación en las comunidades y propiedades privadas de las zonas más bajas.

Vegetación y uso de suelos

- a. Matorral desértico-Montano bajo tropical, entre los 2,000 m y 2,900 m, la vegetación es escasa y de tipo xerotífico. Durante la época de lluvias se desarrolla una cubierta vegetal de hierbas efímeras; las

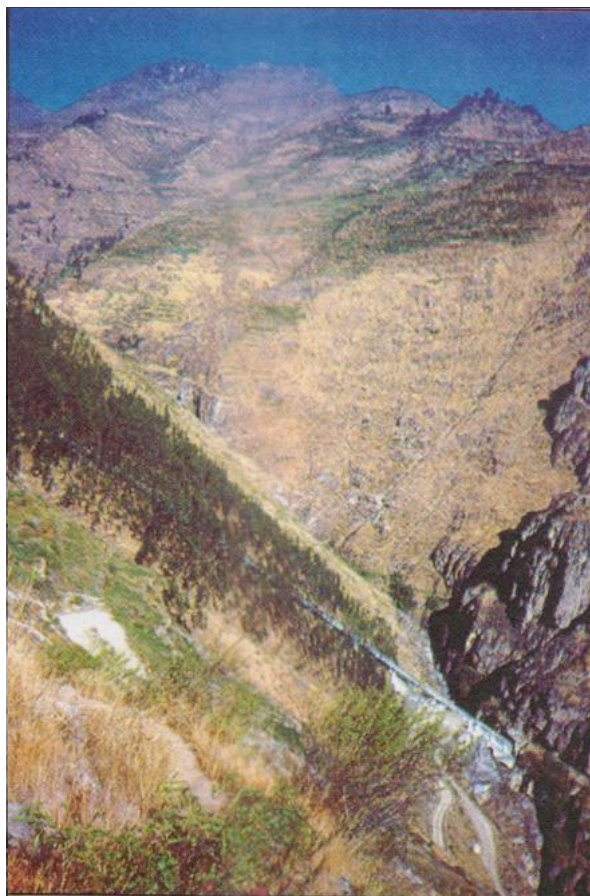


Foto 1. Ladera en comunidad San Pedro de Casta.

gramíneas son aprovechadas por el ganado. Se encuentran también cactáceas y a lo largo de los cauces se pueden apreciar sauces y alisos.

- b. Matorral desértico-Montano tropical, entre los 3,000 m y 3,500 m, con vegetación constituida por arbustos, cactáceas y una cubierta rala de herbáceas anuales entre las que se destacan las gramíneas. En esta zona, en las áreas experimentales, se encontraron especies arbustivas como *Solanum amblophyllum*, *Jaltomata bicolor*, *Malva parviflora*, *Marrobium vulgare*, *Heliotropium arborescens* y otras. Entre las especies exóticas se encuentran eucaliptos, pinos y cipreses; es de destacar la propagación del eucalipto como árbol de rápido crecimiento y de múltiples usos, tanto para construcción como para leña (López, 1996).

La comunidad de San Juan de Iris

La población se encuentra a 3,550 m de altitud y es una comunidad típica de la serranía limeña. Cuenta con una población de 390 habitantes (censo de 1993) y con 93 comuneros activos. Cada comunero trabaja por lo general de 10 a 20 chacras. Cada chacra ocupa el espacio de un andén, entre 70 m² y 300 m², y los principales cultivos son alfalfa, papa, maíz y habas. Todas las chacras son irrigadas (foto 2) y los andenes de secano fueron abandonados. El ganado es en su mayoría vacuno, y en menor cantidad caprino, ovino y porcino. Se encuentran también pocas llamas y caballos, especialmente para transporte. El número de animales por comunero varía de dos o tres por unidad hasta cerca de cien por los más pudientes. El pastoreo se realiza en zonas alejadas de la comunidad en los meses de invierno y se concentra en la época de lluvias, en el verano, en las cercanías del pueblo. En los últimos años se incrementó el cultivo de alfalfa para alimento del ganado vacuno y producción de leche, en detrimento de los cultivos tradicionales de papa y maíz. La producción de leche es utilizada en forma íntegra para la producción de queso, y el consumo local se basa en leche "de tarro" industrializada.

A pesar del alto índice de natalidad no hay crecimiento demográfico, por la migración de los jóvenes hacia los centros urbanos de Chosica y Lima. La escuela primaria cuenta con alrededor de 30 niños (en 1997); para los estudios secundarios, los niños asisten a colegios de Chosica o Lima.

Métodos de investigación y resultados

1. Parcelas experimentales

La parcela experimental es una microcuenca con límites definidos por lo general en forma artificial, donde se controla la entrada en forma de precipitación y la salida de escorrentía y sedimentos colectados en baldes o estanques. La finalidad es obtener información cuantitativa sobre los ritmos de escorrentía y pérdida de suelos, su variación en el tiempo está en función a la precipitación y en función a las variables fisiográficas como pendiente, exposición, pedregosidad, cobertura vegetal, uso de suelos, etc. (López-Bermúdez *et al.*, 1993).

Durante las campañas de trabajo de 1993 y 1994 (cuadro 2) se instalaron en San Juan de Iris cuatro parcelas con áreas entre 50 y 100 m², dos de ellas en Marcahuasi (M1 y M2), una en Cuchama (C3) y la otra en Pariataca (P4). M1 y M2 están en zona de secano y abandonadas, C3 es cultivada con riego; y P4 presenta fuertes pendientes y características de suelo y exposición diferentes. Para la construcción se utilizaron planchas plásticas de 4 mm de espesor y 15 cm de altura, introducidas a poca profundidad en el suelo para no alterar sus condiciones naturales; la parte exterior fue revestida con cemento para evitar desvío de la escorrentía. La parcela se cierra en su parte inferior en forma triangular, y en su vértice tiene una conexión al tubo de PVC que la conecta con el balde. El triángulo inferior está cubierto con un pequeño techo para evitar escorrentía directa del triángulo y la conexión plástica. La escorrentía total se mide después de cada evento de lluvia y se toma una muestra del agua homogeneizada para analizar la concentración de sedimentos, lo que se realiza en el laboratorio de la UNALM. La capacidad de los baldes es de



Foto 2. Iris (Sector Maizal) demostración de construcción de andenes.

aproximadamente 18 litros, y, fuera de un caso excepcional no hubo colmatación y rebase de los baldes. Uno de los graves problemas fue el robo de los baldes y la necesidad de substituirlos durante la época de lluvias.

Las tasas de escorrentía y erosión, durante el período de estudio entre los años 1994 y 1996, han sido bajas (cuadro 1). Las precipitaciones en tal período fueron medias o por debajo del promedio anual (cuadro 2).

2. Simulador de lluvias

El método de simulador de lluvias portátil de campo permite obtener en forma rápida datos de escorrentía e infiltración de áreas con distintas condiciones fisiográficas. El estudio de los procesos en el terreno demanda mucho tiempo, instalaciones costosas y mantenimiento y no hay posibilidad de cubrir sitios variados con parcelas de experimen-

tación. La experimentación controlada permite estudiar las distintas variantes en un número relativamente grande de experimentos. Con tal finalidad, se ha construido un simulador portátil adaptado de un modelo desarrollado en la Universidad de Valencia (Calvo *et al.*, 1988). El equipo consta de cuatro elementos básicos (figura 2):

- 1) Las bombas a presión (7.5 litros cada una) que aportan el agua en forma continua y a presión fija de 1.7 atm de acuerdo a una intensidad de lluvia de 40 mm/hora.
- 2) La estructura, que consiste en postes de aluminio telescópicos, y la tubería que viene desde las bombas hasta la boquilla de aspersión. La altura de la estructura fue de 1.70 m y se construyó un toldo protector para que el viento no impida la caída vertical de las gotas.
- 3) La boquilla, que contiene un filtro interno y determina las dimensiones de las gotas de lluvia.

Cuadro 1. Precipitación mensual (mm)* en la zona de estudio (estación Autisha)

Año	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Total
1993-1994	0	45,00	59,00	74,00	72,00	61,00	311,00
1994-1995	0	47,00	65,00	22,00	66,00	36,00	236,00
1995-1996	0	0	51,50	126,00	114,00	21,50	313,00
1996-1997	0	0	23,00	82,00	1,5	14,50	121,00
1997-1998 (El Niño)	52,00	113,30	184,00	121,00	197,00	21,00	688,80

* Datos del SENAMHI

Cuadro 2. Tasas de escorrentía y erosión en parcelas experimentales.

Parcela	Area Total (m ²)	Escorrentía		Sedimentos	
		L	L/m ²	Total (g)	g/m ²
M1	5,70	43,70	7,60	11,50	2,00
M2	7,50	89,50	11,90	19,24	2,50
C3	25,00	4,80	0,19	46,81	1,87
P4	35,00	7,40	0,21	8,93	0,25

Fecha	M1		M2		C3		P4	
	Escorrentía(L)	Sedimento(g)	Escorrentía(L)	Sedimento(g)	Escorrentía(L)	Sedimento(g)	Escorrentía(L)	Sedimento(g)
29 Dec 94	13,00	0,04	12,00	0,24	0	0	2,50	0,02
30 Dec 94	8,00	1,60	16,00	0,80	0,75	23,25	1,00	0,30
8 Jan 95	3,00	0,12	8,00	1,12	0,80	9,36	0,70	5,95
20 Jan 95	2,00	2,58	9,00	1,08	0,30	1,74	0,30	1,26
26 Jan 95	0,90	0,36	13,00	5,20	0,70	1,30	0,50	0,20
6 Feb 95	0,30	0,18	0,50	0,10	0,40	3,56	0,20	0,12
12 Mar 95	13,00	5,20	17,00	6,80	0,90	3,60	2,00	1,00
13 Mar 95	3,00	0,90	11,00	3,30	0,50	2,00	0,10	0,04
16 Mar 95	0,50	0,55	3,00	0,60	0,50	2,00	0,10	0,04
Total	43,70	11,53	89,50	19,24	4,85	46,81	7,40	8,93

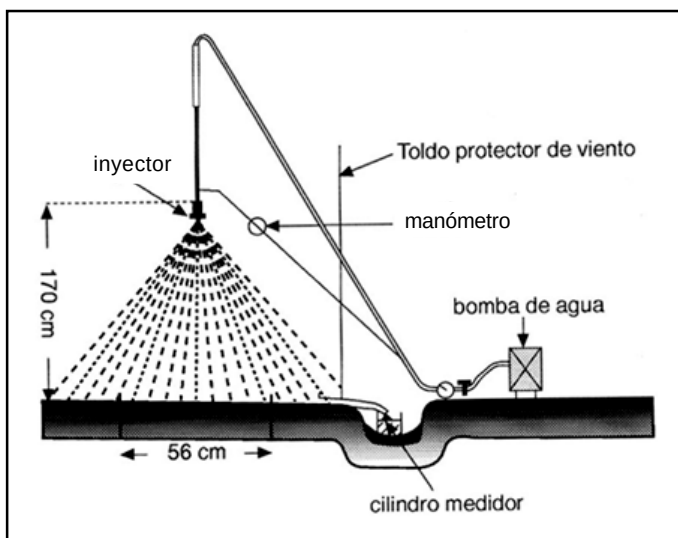


Fig. 2. Esquema del simulador de lluvias

- 4) Un aro metálico que delimita el área de escorrentía de 56 cm de diámetro y que drena por un tubo al recipiente de colección. El aro es clavado en el suelo a profundidad de 5 cm (foto 3).

La cantidad de agua requerida es de 30 l/hora y la mayor parte de los experimentos duraron de 1 a 2 horas. En lugares alejados de fuentes de agua se utilizaron llamas para acarrear el agua. La simulación se suspende cuando el ritmo de escorrentía se hace constante o cuando después de dos horas de simulación no se obtiene escorrentía y el ritmo de infiltración es muy alto.

Los experimentos se realizaron en la época seca, en el mes de agosto. Los resultados (cuadro 3) muestran que la escorrentía se demora en los terrenos cultivados y en las zonas de baja pendiente, comenzando a los 50 minutos aproximadamente, mientras que en laderas con pendiente alta comienza a los 10-15 minutos y las tasas de infiltración son de 15-20 mm/hora.

Las tasas de escorrentía en Upica son mayores que en Iris, probablemente debido a que el suelo es más limoso y forma una costra impermeable que provoca encharcamiento.

3. Morfometría de los andenes

Con el fin de identificar el estado de abandono de los andenes y los distintos factores que pueden afectarlo, se realizó un inventario de aproximadamente 230 andenes en las comunidades de Iris y Laraos. Se midieron los parámetros físicos, como largo, ancho, pendiente, etc. de la plataforma del andén y el muro, y las condiciones del andén,

como uso agrícola, cobertura vegetal y estado de abandono. El área media es de 170 m² pero hay andenes de 500m². Un 93% de los andenes medidos se encuentra en estado de abandono o semiabandono. Los muros son hechos con piedras del sitio de 20 cm de diámetro con base de 20 a 40 cm por debajo del nivel del andén (Salas y Vásquez, 1987). El deterioro de los andenes se manifiesta especialmente en los derrumbes del muro, que ocasiona posteriormente un proceso de erosión y destrucción del andén (Llerena, et al., 2004).

4. Análisis espacial por sensores remotos y SIG

Con el fin de establecer un patrón de identificación del grado de abandono de los andenes en áreas extensas, es posible desarrollar un modelo usando fotografías aéreas e imágenes espaciales (Landsat). El análisis de las imágenes se lleva a cabo por programas de computación que permiten integrar información de fotografías aéreas digitalizadas e imágenes espaciales, con un control de campo. Asimismo, es posible la comparación entre fotografías espaciales de diferentes períodos –años 70 y 90– para analizar procesos y ritmo de abandono y degradación en los últimos veinte años.

La información digital cartográfica se presentará usando un Sistema de Información Geográfica (SIG), incluyendo elevación, aspecto, precipitación, geología, suelos, vegetación, etc. Con los distintos niveles de información, se puede desarrollar un modelo empírico que relaciona los parámetros fisiográficos con los procesos de escorrentía, erosión y degradación de andenes. Tal modelo permitirá

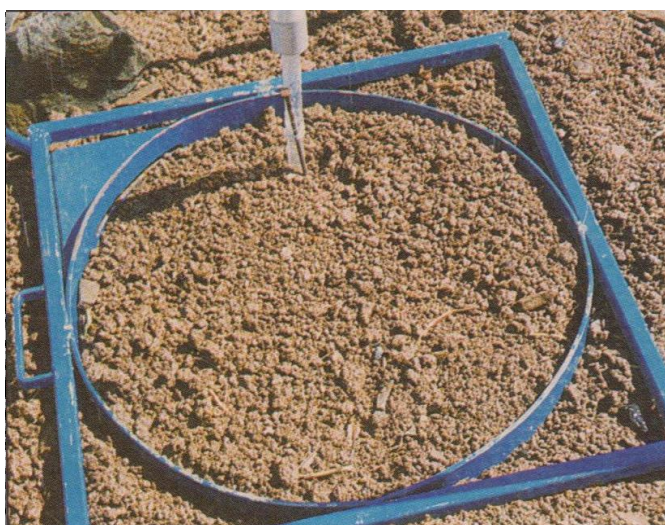


Foto 3. Aro metálico que delimita el área de escorrentía.

Cuadro 3. Caracterización de parcelas experimentales

Experi- mento	Lugar	Elevación (m)	Vegetación		Expo- sición	Pedregosidad (%)	Pendiente (%)	Suelo	Uso del suelo	Nivel de abandono de las terrazas
			% cobertura	tipo						
1	Upica 1	2600	80	Pasto seco	NO	10	15	Limo	Pastoreo	Semiabandonado
2	Casta	3150	50	Pasto	E	10	14	Arcilla	Con cultivos	Aterrazado
3	Upica 2	2610	70	Pasto	O	30	24	Limo	Con cultivos	Aterrazado
4	Upica, casa	2430	100	Pasto	NO	20	14	Limo+arcilla	Pastoreo	Aterrazado
5	Upica, ladera	2440	30	Pasto seco	NO	60	46	Limo	—	Sin terrazas
6	Upica, ladera	2450	20	Pasto seco	NO	70	51	Limo	—	Sin terrazas
7	Upica, terraza	2600	30	Pasto	O	10	15	Limo	Parcela arada	Con cultivos
8*	Marcahuasi 2	3540	80	Pasto seco	NO	10	15	Limo	Pastoreo	Abandonado
9*	Marcahuasi 1	3550	50	Arbustos, cactus	O	50	28	Limo	Pastoreo	Abandonado
10	Iris, ladera	3550	20	Arbustos, cactus	NO	50	38	Limo	Pastoreo	Sin terrazas
11	Iris, irrigada	3230	75	Papa, pasto	E	5	15	Limo+arcilla	Con cultivos	Con cultivos
12	Iris, eucalipto	3150	50	Eucalipto	O	30	46	Limo	Bosque	Sin terrazas

* En San Juan de Iris

extrapolar valores de erosión a áreas extensas en la cuenca de los ríos Santa Eulalia y Rímac.

Discusión y conclusiones

La erosión detectada en las parcelas de experimentación en andenes abandonados y semiabandonados en la cuenca del Río Santa Eulalia presenta niveles bajos y es menor por lo general a 1 g/m²/año (equivalente a 1 ton/km²/año) lo que se considera como erosión nula (Ruiz *et al.*, 1992) o muy baja, comparada con ritmos de erosión media mundial, evaluada a 100 ton/km²/año (Inbar, 1992). El proceso de erosión en andenes con plataforma existente no se realiza por escorrentía en épocas de lluvias normales, sino por procesos de derrumbe de muros y remoción en masa.

Sólo en años con precipitaciones muy intensas, el lavado de suelos como consecuencia de altos ritmos de escorrentía que sobrepasen los ritmos de infiltración, las tasas de erosión serían significantes. No existe un análisis de lluvias y su intensidad en la zona pero la estimación es que son de recurrencia de 1:50 años. La mayor parte de los andenes están sujetos a un pastoreo intensivo que impide la reforestación natural, y, por lo tanto, es en dichos eventos de baja frecuencia que la gran pérdida de suelos ocurre. En andenes trabajados bajo irrigación el ritmo de infiltración es alto y por lo general no hay escorrentía, pero el riego de inundación sin el control debido produce en muchos casos desborde de aguas y pérdida de suelos por escorrentía, que contiene una alta concentración de sedimentos, como se comprobó en la parcela de Cuchama.

El muro constituye la base del andén y es el factor que determina la formación del andén o su destrucción en caso de derrumbes. La presión de los suelos produce un pandeo o "abombamiento" que conduce al derrumbe (Pallares, 1994). En más de un 50% de los muros observados se

notó el proceso de abombamiento o de derrumbe de muros. La destrucción total del muro conduce a un rápido deterioro del andén y a su erosión. No obstante, hay muros que se conservan decenas de años y preservan la conservación del andén. En zonas cultivadas el mantenimiento de los muros es constante, reponiendo y reconstruyendo los muros derrumbados, evitando de tal manera la degradación del andén.

El tipo y grado de cobertura vegetal es el factor más importante en los niveles de erosión para todas las parcelas y en la conservación de los muros; en un trabajo similar en España, se encontró que el ensanchamiento está positivamente ligado a la cobertura vegetal (Cerdá-Bolinches, 1994b). En condiciones de cultivo, el sistema y manejo de la irrigación y pastoreo son los factores que controlan los ritmos de erosión. La pendiente —que oscila entre valores de 0% a 15%— no es un factor determinante en los niveles de escorrentía y erosión hídrica en andenes abandonados y semiabandonados.

En suelos pedregosos se comprobó que la infiltración es mayor (Poesen *et al.*, 1990) al reducirse el impacto de las gotas de lluvia e impedir la formación de cutícula de suelo impermeable.

En suelos bajo bosque de eucalipto se obtuvieron índices de escorrentía y erosión mayores que en los andenes, pero menores que en laderas descubiertas. Este resultado preliminar indicaría un efecto positivo del eucalipto, pero menor que la construcción de andenes. Existe asimismo el riesgo de deslizamiento de árboles grandes en pendientes (Hewlett, 1982).

El efecto de los suelos determina mayor escorrentía y erosión cuando la proporción de arcilla es mayor. La erodabilidad del suelo no varía mayormente, siendo por lo general areno-limosos con altas tasas de infiltración.

El grado de abandono es total en los andenes de seco. El riesgo de siembra en un régimen de lluvias variable, que no asegura producción, impide el cultivo actual de andenes sin irrigación y su transformación en zona de pastoreo promueve, por el pisar del ganado, la remoción del suelo y el derrumbe de los muros. En los andenes de irrigación, la falta de agua en la comunidad de Iris impide el cultivo continuo de los andenes y parte de ellos se cultiva en forma discontinua. Factores sociales y económicos, que varían de acuerdo con la comunidad, determinan el grado de cultivo en los distintos andenes. El proceso dominante es el paso hacia la actividad agropecuaria en detrimento de la actividad agrícola, y en varios casos de abandono total o parcial del pueblo. La comunidad de Iris se caracteriza por continuar con niveles de cultivo, aunque desde 1990 ha habido un crecimiento del ganado, cultivo de alfalfa para forraje en detrimento de los cultivos tradicionales y abandono de zonas marginales. En la comunidad de Laraos no se cultivaron en los últimos cuatro años, los andenes con posibilidad de irrigación y la población se dedica mayormente a la cría de ganado y venta de plantas medicinales.

Los trabajos de construcción de embalses y recuperación de canales de riego han permitido el aumento de las zonas de riego y el manejo más controlado y eficaz del agua al suprimir el riego nocturno.

Los rápidos cambios socioeconómicos de las comunidades y de unidades de autoconsumo hacia productores de productos de comercialización, son factores decisivos en el uso de suelos y que se manifiestan en la conservación, mantenimiento o abandono de los andenes. No obstante, el estudio de los factores físicos que afectan a la degradación de los andenes es de vital importancia en la planificación y manejo de programas de desarrollo agrícola y rural.

Agradecimiento

El presente estudio fue financiado por la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) de los Estados Unidos, Proyecto TA-MOU-C12-006.

Identificación y evaluación de los andenes de la comunidad campesina San Juan de Iris, Lima, Perú, utilizando imágenes de radar

(Identification and evaluation of San Juan de Iris terraces using radar images)

RESUMEN

Considerando la necesidad de realizar una evaluación de la situación, capacidad de uso y rehabilitación de los andenes localizados en los Andes, con el fin de contribuir a su reincorporación al sistema de producción agrario, el Laboratorio de Teledetección Aplicada y Sistemas de Información Geográfica de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina desarrolló un proyecto cuyo objetivo principal fue la identificación y evaluación de andenes en la comunidad de San Juan de Iris, cuenca del río Santa Eulalia, mediante el análisis digital de una imagen RADARSAT F3, así como el uso de otros materiales aerofotográficos complementarios y trabajos de campo. El resultado preliminar encontrado indica que las imágenes RADARSAT F3 muestran limitaciones importantes para distinguir los andenes. Por tanto se recomienda que la imagen RADARSAT F3 se combine con una imagen Landsat TM para obtener mejores resultados. Se recomienda también la utilización de otras imágenes.

ABSTRACT

The Laboratory of Applied Teledetection and Geographic Information Systems of the Faculty of Forestry at the Universidad Nacional Agraria La Molina, carried out an evaluation of the present situation, use capacity and rehabilitation of Andean terraces, with the purpose of contributing to the reincorporation of traditional systems in current agrarian production. A project was developed in the San Juan de Iris community in the Santa Eulalia river basin by means of digital analysis of a RADARSAT F3 image, aerial photographs, and field work. Preliminary work showed that it is impossible to detect terracing with RADARSAT F3 images. Hence, it was recommend combining this system with LANDSAT TM and other images for better results.

¹ Proyecto Tambopata-Inambari (PTI), Consorcio CESVI – Pro Naturaleza, Puerto Maldonado, Perú, cgarnica@pronaturaleza.org

² Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG, Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, vbarrena@lamolina.edu.pe

Introducción

El Perú es considerado un país agrario, sin embargo solo el 2,7% de la superficie total del país es apta para la agricultura intensiva. En consecuencia, y con el fin de producir suficiente cantidad de productos agrícolas, ha sido necesario, desde épocas muy antiguas, habilitar áreas agrícolas en terrenos de topografía muy agreste de la sierra peruana, a través del establecimiento de terrazas o andenes, la mayor parte de los cuales está actualmente en desuso, debido al abandono, lo cual ocasiona los largos y fuertes procesos de erosión y sedimentación de suelos.

El sistema de andenes peruano ha sido siempre motivo de admiración, por su amplitud, el enorme esfuerzo que ha requerido su habilitación, su potencial productivo y sobre todo el alto nivel técnico utilizado en su construcción y manejo; sin embargo y lamentablemente con el paso de los siglos, este valiosísimo legado pre-hispánico, no ha sido convenientemente mantenido y, por el contrario, ha sido en gran parte abandonado y sujeto a procesos de erosión que han contribuido a su degradación o total destrucción.

Bajo este contexto se tiene la necesidad de realizar una evaluación de la situación y capacidad de uso y rehabilitación de los andenes localizados en los Andes peruanos, con el fin de contribuir a su reincorporación al sistema de producción agrario, mediante el mejoramiento y manejo eficiente de los andenes, con fines agrícolas y forestales. La Facultad de Ciencias Forestales, a través del Departamento de Manejo Forestal de la UNALM, viene llevando a cabo conjuntamente con la Universidad de Haifa, el proyecto "Procesos de producción de sedimentos y erosión en áreas montañosas del Perú". El objetivo central de dicho proyecto es desarrollar una metodología de evaluación cuantitativa de rangos de producción de sedimentos y factores de erosión en los andenes de la sierra peruana, con un potencial de aplicación en áreas similares en los países andinos, y que además puedan contribuir en forma significativa al planeamiento y manejo de proyectos de desarrollo agrario, a través del mejoramiento y manejo eficiente de terrazas, cultivos agrícolas, desarrollo forestal, uso del agua y otros.

En este sentido, el objetivo principal de la investigación que se lleva a cabo en el Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG es estudiar las posibilidades del uso de imágenes de satélite en la identificación y evaluación de andenes. El presente artículo muestra los avances realizados en este sentido. El objetivo del presente artículo es la identificación y evaluación de andenes en la comunidad de San Juan de Iris, cuenca del río Santa Eulalia, mediante el análisis digital de una imagen RADARSAT F3.

Revisión bibliográfica

Los andenes son terrazas escalonadas construidas sobre las laderas de las montañas. Pertenecen predominantemente a las zonas áridas y semiáridas del Nuevo Mundo y estuvieron asociadas con procesos activos de erosión de suelos y la limpia deliberada de la vegetación y de las piedras. Cubren varios pisos altitudinales que incluyen diversas zonas ecológicas, de modo que pueda mantenerse una diversificación de cultivos en el tiempo y en el espacio (Donkin, 1979, citado por López, 1996).

Spencer y Hale (1961, citados por Treacy, 1994c) definen a la terraza como "cualquier superficie artificialmente aplanada en la que se siembra cultivos luego del allanamiento, sin importar cuán pequeña, rústica o útil sea".

Field (1966, citado por Treacy, 1994c) dice que las terrazas son: "superficies de cultivo artificiales las cuales tienen una pendiente menor que el sitio original. Se excluyen las variantes modernas que se aproximan al concepto de aterrazamiento, como la roturación en curvas de nivel. El interés principal está en el orden tradicional del aterrazamiento que normalmente está formado por paredes de contención de piedra que sirven para acumular tierras con fines de cultivo".

En otro aspecto, uno de los principales problemas que afronta nuestro país es la falta de información confiable y actualizada de los recursos naturales. Tradicionalmente, muchos de los estudios con fines cartográficos, agronómicos, forestales e hidrológicos se basaban casi exclusivamente en reconocimientos aerofotográficos y de campo, pero el elevado costo de vuelo y el tiempo requerido para la obtención de las fotografías aéreas, hacen que dichas fotografías resulten frecuentemente muy antiguas o simplemente no se hayan considerado ciertas zonas de interés (Figallo, 1997).

Los sensores remotos y, más específicamente las imágenes de satélite, han demostrado ser elementos o herramientas de gran utilidad en la identificación y evaluación de formas y usos de la tierra, dentro de lo cual, los andenes son de gran importancia.

Debido a la dinámica mundial de los procesos de cambio socio-económico y cultural, es necesario disponer de instrumentos efectivos y eficientes que aporten a la toma de decisiones. Uno de estos instrumentos es la teledetección, la cual, como medio para la protección del medio ambiente y de los recursos naturales está reconocida a nivel público y político. Esta valoración se debe a que con el uso de sensores remotos se puede disponer rápidamente de información sobre el estado y la evolución del medio ambiente (Mehl y Mies, 1997).

La utilización de técnicas de análisis digital de imágenes comprende la manipulación e interpretación de estas a través de procesadores automáticos. Esto permite preparar una imagen para facilitar la interpretación visual de una escena o explorar con más recursos toda la información de interés y relacionarla con parámetros estadísticos con el fin de optimizar el análisis desde el punto de vista de eficiencia, tiempo y costo (Campbell, 1987).

Ubicación del área de estudio

La comunidad campesina de San Juan de Iris se ubica en la cuenca del río Santa Eulalia, en la provincia de Huarochirí, departamento de Lima, entre los paralelos 11° 27' y 11° 57' de latitud sur y los meridianos 76° 17' y 76° 38' de longitud oeste, a 90 km al noreste de la ciudad de Lima. Se encuentra a una altitud de 3 500 msnm (figura 1).

Metodología

La imagen que se utilizó para realizar este estudio fue una Imagen RADARSAT modo Fino 3 tomada el 12 de Julio de 1997. Esta imagen tiene un tamaño de píxel de 8 m y fue tomada en un paso ascendente, es decir que la órbita del satélite es de sur a norte. El SAR del RADARSAT utiliza una longitud de onda de 5,6 cm que se conoce como Banda C. La imagen de modo fino 3 utiliza un ángulo de incidencia entre 41,5° y 44°. También se utilizaron, como herramientas complementarias, fotografías aéreas (escala 1 : 25 000), un mosaico aerofotográfico y las hojas 24 j L (escala 1:50 000) y 24 j (escala 1:100 000) de la Carta Nacional. Para el procesamiento de la imagen se utilizó el software RADARSAT ver. 6.2.

En lo que se refiere al procesamiento de la imagen RADARSAT el primer paso fue extraer una subescena de 1024 píxeles por 1024 líneas, la cual abarca el área de estudio específico (San Juan de Iris). Luego se procedió a reducir de 16 a 8 bits a la imagen (Scale) para continuar con el filtrado de la imagen. Con el filtro lo que se hace es reducir los moteados de la imagen. Se probaron diversos filtros como FKuan, FeLee, FGamma, FeFrost, FFrost, FLe. Todos estos filtros se realizaron con parámetros en valores standard utilizando el software RADARSAT 6.2 (PCI), lo que produjo un total de seis imágenes resultantes.

Las imágenes resultantes fueron comparadas visualmente para seleccionar la mejor. A la imagen filtrada seleccionada,

se le aplicó el Análisis Textural probándose doce opciones diferentes. Por medio de este análisis, se homogeniza la textura, ya que esta es una de las más importantes características usadas para identificar objetos o regiones de interés en una imagen, debido a que contiene información sobre la distribución espacial de las variaciones tonales en una imagen. Para realizar este tratamiento se puso todos los parámetros en valores estándar.

Luego y con el fin de proceder posteriormente a un análisis visual para estudiar los andenes y los cultivos presentes en ellos, estas imágenes fueron realzadas de varias maneras: elongación lineal, por histograma, no lineal, entre otros.

Análisis y resultados

Se pudo apreciar que de los filtros aplicados, el que dio mejor resultado en la imagen fue el FFROST. En la imagen resultante se puede observar un mayor contraste y una notable disminución de ruido, por tanto, la visualización de la imagen es mejor.

En cuanto al Análisis Textural se apreció un mejor resultado en la imagen a la que se aplicó Textura de No Similitud (dissimilarity). En ésta se puede apreciar una mayor diferencia en la textura entre objetos. Se debe considerar que la textura es un parámetro de gran importancia puesto que ayuda a la identificación de objetos y áreas de interés.

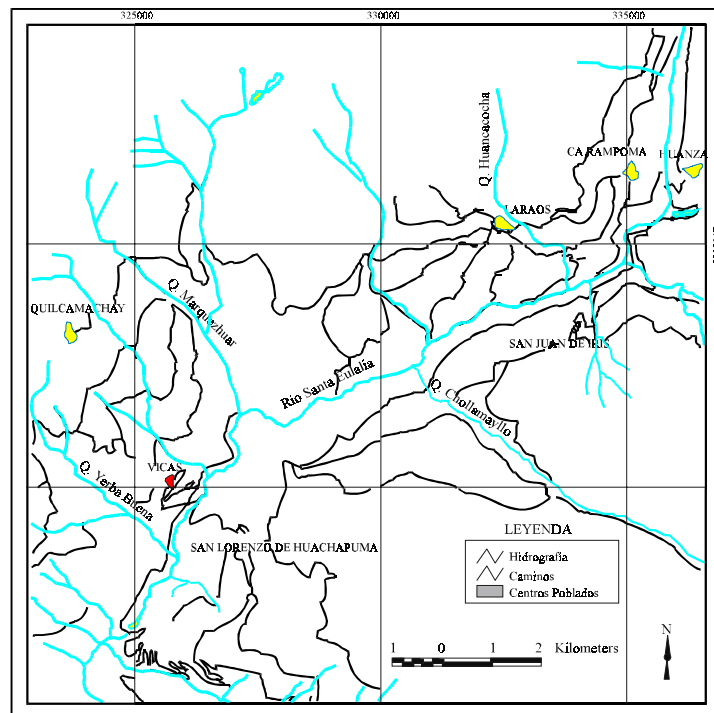


Fig. 1. Mapa del área de estudio

El mejor realce encontrado fue el no lineal, que es además el recomendado por la literatura si se quiere interpretar visualmente una imagen de RADAR (figura 2)

Luego de realizar los pasos antes mencionados, y obtener la mejor imagen para la interpretación visual, se puede diferenciar en ella claramente la fisiografía e hidrografía, mas no se pudo detectar ni diferenciar a los andenes.

Como una explicación a este hecho a pesar de la resolución de la imagen (8 m), es que la dirección de la mayoría de los andenes en el área de estudio es de este a oeste, mientras que la línea de vuelo del satélite RADARSAT sigue una dirección norte sur, por lo que el haz del radar es casi paralelo a los andenes, motivo por el cual estos no son "visibles" en la imagen.

Por otro lado, los cultivos existentes en los andenes de la comunidad de San Juan de Iris son de una gran variedad (encontramos parcelas de papa, haba, maíz, olluco, oca y alfalfa) y las parcelas vecinas presentan cultivos diferentes, esto origina que la textura para toda el área es casi homogénea, no pudiendo diferenciarse una parcela de otra en la imagen. Cotlier (1998) manifiesta que en un área toda homogénea es dificultoso definir tipos de cultivos.

De igual manera, podemos afirmar que la cobertura vegetal natural en los alrededores de los andenes es de estructura similar a los cultivos en andenes. Ello da lugar a que la retrodispersión sea similar tanto dentro de los andenes como en las zonas vecinas, teniendo como consecuencia que no se pueda diferenciar entre la cobertura de los andenes y la cobertura natural de las laderas contiguas. Las mismas experiencias se han presentado en otros estudios con imágenes RADARSAT como el de Epiphanyo *et al.* (1998).

En este sentido, lo más recomendable para este tipo de análisis es contar con una imagen óptica de fecha similar y realizar un análisis combinado junto a la imagen de RADAR con el objetivo de aprovechar la ca-

racterísticas espectrales de las imágenes ópticas, tal cual lo manifestado en otros estudios, como los de Serafini *et al.* (1999) y Presutti y Lombardo (1999), que indican que la fusión de datos SAR y TM, facilita el mapeo del uso de la tierra.

También sería recomendable realizar estudios multitemporales con imágenes RADARSAT, para que a través de los cambios en la estructura de los cultivos, se pueda inferir la presencia de los andenes en actividad. Chavarría (1999) indica que es positiva la utilidad de este tipo de estudios para la formación de mapas de cobertura y uso de la tierra.

Estos estudios multitemporales deberían también fusionarse con imágenes ópticas como lo recomiendan los trabajos de Serafini *et al.* (1999) y Presutti y Lombardo (1999), que indican que para estudios agrícolas es lo más indicado.

Además, también se debe tomar en cuenta la fenología y el crecimiento de los cultivos de los andenes, pues la estructura temporal de algunos cultivos puede llevar a confusión en la interpretación visual (Salcedo y Bustos, 1999).

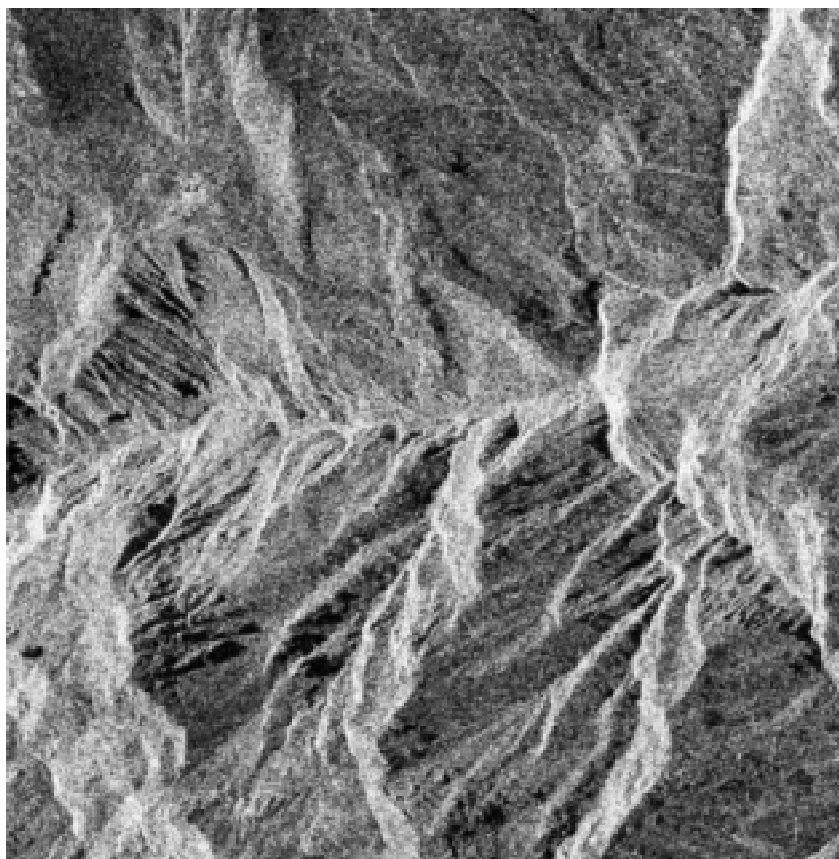


Fig. 2. Subescena de imagen RADARSAT con realce No Lineal

Un siguiente paso en este esfuerzo por estudiar los andenes, será el de fusionar la imagen RADARSAT F3, con una imagen Landsat TM. Para realizar este paso se requiere realizar una ortorectificación a la imagen RADARSAT, debido a que por lo accidentado del lugar existe mucha distorsión en la imagen. Por tal motivo se realizó, como paso previo, un Modelo Digital del Terreno (DEM) a partir de curvas de nivel digitalizadas cada 50 m. de la carta nacional a escala 1:50 000 (figura 3).

Conclusiones y recomendaciones

El resultado preliminar encontrado nos indica que no se pueden detectar andenes usando únicamente las imágenes RADARSAT modo F3.

Se recomienda seguir con el estudio de los andenes haciendo uso de imágenes RADARSAT de distintas fechas así como fusionarlas con imágenes ópticas.

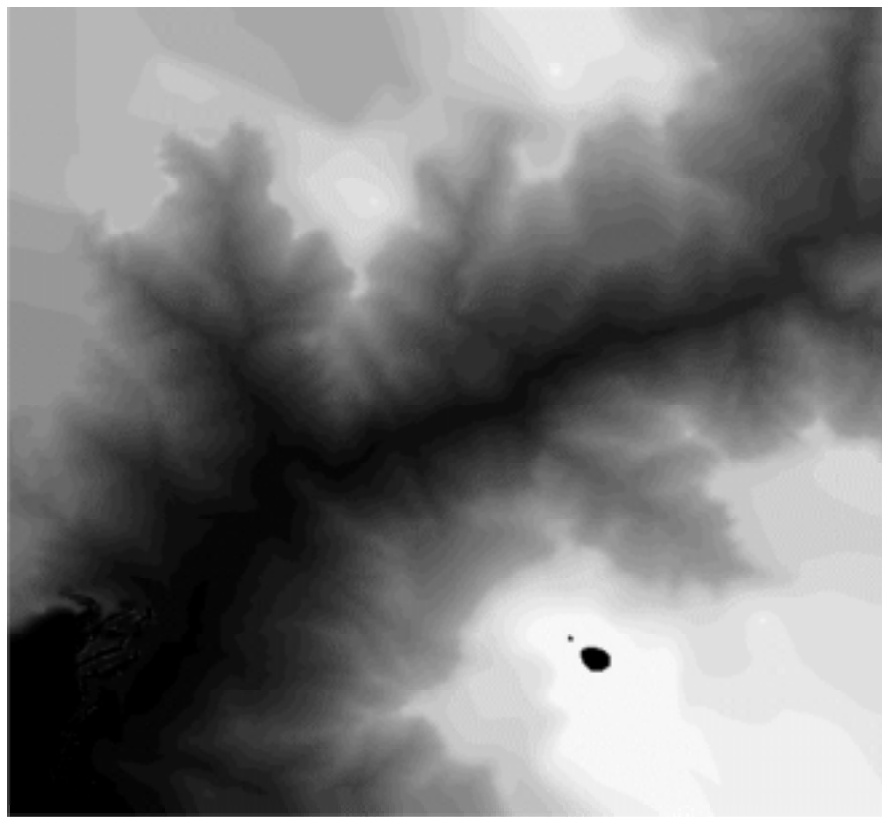


Fig. 3. Modelo Digital de Terreno (DEM)

Experiencia de campo en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú

(The Santa Eulalia river basin field work experience)

RESUMEN

Este artículo es una síntesis de las principales experiencias y conclusiones que, en relación con el manejo de la cuenca del río Santa Eulalia, han sido obtenidas por la asociación civil sin fines de lucro Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NCTL), desde 1982, año en el que se realizó un inventario de los andenes existentes en dicho ámbito. El artículo describe la experiencia obtenida en la reconstrucción de andenes, la rehabilitación de la infraestructura hidráulica, el conocimiento de la flora nativa y el rescate del germoplasma de papa nativa. El reconocimiento de las tecnologías agrícolas tradicionales estuvo entre las actividades principales. Se incide en la necesidad de tomar en cuenta al hombre, que habita en un medio de topografía sumamente accidentada y climas muchas veces hostiles, como actor principal dentro de las actividades de manejo de la cuenca.

ABSTRACT

This article synthesizes a major experience and conclusions that the non-profit, social service association NCTL (Nature, Science, and Technology) obtained in the management of the Santa Eulalia river basin. Since 1982, an inventory of existing terraces was completed. The reconstruction of abandoned terraces, the rehabilitation of hydraulic infrastructure, and the knowledge acquired regarding native flora and potato genome, are described. Terracing is acknowledged as an agricultural ancient traditional technology. The need to take first into account the people inhabiting the Andean highlands, as the main actors and factors into the watershed management program is emphasized.

¹ Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NCTL), Lima, Perú, massanden@viabcp.com

Introducción

En el Perú destaca la presencia de la Cordillera de los Andes, que ocupa el 30% de la superficie del territorio nacional. Al realizar una sección transversal del país, llama la atención la vertiente occidental, sumamente empinada: en 150 km hay una diferencia altitudinal de más de 5,000 metros entre el litoral y la cumbre, que viene a ser la divisoria continental de las aguas de América del Sur. En esta vertiente se encuentran ubicadas la cuenca y el valle del río Santa Eulalia.

La parte baja del valle está considerada dentro de un rango altitudinal entre 1,000 y 2,300 m aproximadamente. Es la zona de la fruta; el clima es cálido y muy agradable a lo largo del año. Es la zona de la “eterna primavera”, tal como la denomina Javier Pulgar Vidal; pero también es la zona más vulnerable a los *huaicos*, que suelen precipitarse durante la estación lluviosa.

La parte media de la cuenca se encuentra entre 2,300 y algo más de 3,500 m. Es la zona donde mejor se pueden apreciar los andenes y los cultivos andinos, cultivos criófilicos (que toleran, en cierto modo, el frío). También se puede apreciar una mayor cantidad de vegetación silvestre y de especies forestales mayormente introducidas, como los eucaliptos (foto 1).

La parte alta se encuentra desde algo más de 3,500 m hasta la cumbre, pero destaca el nivel inferior (la puna, zona de pastos y gramíneas) del superior (las cumbres andinas propiamente dichas, con sus lagunas y formaciones nivales).

Reconstrucción de andenes

Un inventario de los andenes de la cuenca del río Santa Eulalia, que se realizó en 1982 arrojó el siguiente resulta-

do: 6,382 ha de andenes, de las cuales 1,213 ha se encontraban en uso; 1,646 ha en desuso, descanso o barbecho, pero en buen estado de conservación; y 3,523 ha correspondían a andenes semiderruidos: su rescate se consideró improbable pero no imposible, dependiendo de la disponibilidad de agua de riego en las proximidades.

Los resultados de dicho inventario motivaron a la asociación Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NCTL) a promover su reconstrucción entre los propios campesinos usuarios. Para ello, se eligió a la comunidad de San Pedro de Casta, ubicada en el piso medio de la cuenca, a 90 km de Lima y a una altitud de 3,150 m. La comunidad se encuentra enclavada en los cerros que constituyen la parte izquierda de la cuenca, cuyas laderas se encuentran matizadas por andenes. Próximo a la cumbre de dichos cerros se encuentra el centro arqueológico de Marcahuasi.

El contacto con los campesinos de la comunidad se inició en mayo de 1983. Luego de una serie de conversaciones en que se explicó a los campesinos y a sus autoridades los propósitos de la asociación, en noviembre de ese año un grupo de campesinos hizo un trato con la NCTL para reconstruir andenes. En esa época, se tenía el criterio de que en materia de conservación se debía comenzar con los suelos. Con el correr de los años y la experiencia que se fue ganando, dicho criterio fue modificado, dándose prioridad a la conservación de los recursos hídricos.

El lugar que dichos campesinos eligieron para rehabilitar andenes fue una ladera denominada Casagayán. Se trata de una antigua zona agrícola, de topografía muy abrupta. Así, la pendiente de la ladera oscila dentro de un rango entre 60 y 90%. La difícil topografía y el estado semirruinoso en que se encontraban los andenes hizo pensar originalmente al grupo de la NCTL que se trataba de una tarea imposible de realizar. Pero los propios campesinos se encargaron de desvirtuar esta suposición.

Efectivamente, lo primero que ellos hicieron fue encontrar los cimientos de las antiguas paredes y remojar las plataformas de los andenes. Explicaron que para proceder a la reconstrucción era necesario que la tierra estuviera húmeda, por lo que era más conveniente realizarla durante la temporada de lluvias; pero como en este caso había una fuente de agua cercana, no había problema en remojar la tierra. Señalaron que cuando la tierra está seca y es colada entre las piedras de las paredes, estas se podían derrumbar muy rápidamente.

Una vez remojada la tierra de las pla-

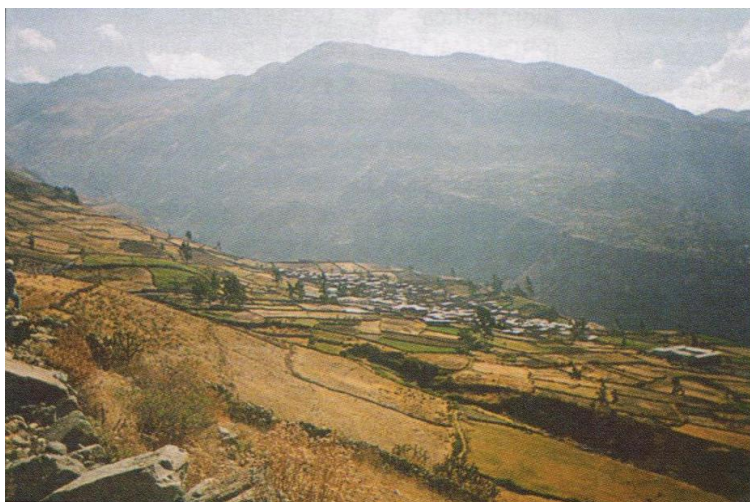


Foto 1. Cuenca media del río Santa Eulalia

taformas, los campesinos comenzaron por extraer las rocas y piedras que se encontraban semi-enterradas en ella, para lo cual se valieron de sus barretas, herramientas que manejan con gran habilidad; pero también utilizaron la energía mecánica que significa su propio esfuerzo corporal: movían las piedras con la ayuda de sus manos y sus pies. Las piedras desenterradas de la plataforma fueron acumuladas en la parte superior de la pared a reconstruirse y bajadas por su propio peso por el talud. Siempre con la ayuda de sus barretas, acomodaron las piedras más grandes en la parte delantera de la pared, y el espacio entre éstas y el talud fue rellenado con las piedras más chicas. Luego, siempre ayudándose con sus barretas, escarbaron tierra húmeda del talud contiguo y la dispusieron sobre las piedras, rellenando todos los intersticios y cubriendo las piedras. Esto servía de cemento o argamasa. Luego repitieron la operación, colocando otra hilera de piedras, disponiendo siempre las más grandes adelante y las de menor tamaño detrás, para volverlas a cubrir con tierra húmeda. Así la pared fue creciendo y las brechas, una tras otra, fueron parchadas; y los andenes volvieron a aparecer.

En un solo día fueron reconstruidas tres brechas que abarcan 98 m² de andenes. En esta tarea participaron 12 hombres, y en el lapso de siete días se pudo disponer de una superficie de tierra de cultivo de 1,067 m, distribuida en 10 andenes de diversos tamaños.

Luego de disponer de esta superficie de tierra rehabilitada, se procedió a preparar la tierra para la siembra de papas. Para remover la tierra, los trabajadores utilizaron también barretas, pero además, la *taklla*, herramienta tradicional que manejan a la perfección. Luego, siguiendo con su costumbre (que es necesario respetar), procedieron a “bendecir” los tubérculos-semilla con hojas de coca. La siembra la realizaron ayudándose con la *taklla*.

Vale recordar que esta herramienta es menospreciada por muchos tecnólogos modernos, sin embargo se trata de un instrumento muy apropiado para el cultivo en andenes y que ellos saben utilizar a la perfección. Entonces, cabe esta reflexión: ¿por qué no hacer valer la destreza que tienen los campesinos para manejar herramientas tradicionales? La mejor estrategia consiste en aprovechar los conocimientos tecnológicos autóctonos, que son muy apropiados, y no tratar de imponer tecnologías a las que ellos no se encuentran acostumbrados.

La culminación de la siembra se celebró con otro ritual, que consistió en danzar al son de un tamboril o *tinya*. La danza fue acompañada de canciones cuya tonada es típica del lugar y cuya letra fue improvisada. Se reventaron cohetes y se recordó el nombre del antiguo usuario de estas tierras, que respondía al nombre de “Aurelio”.

Durante el cultivo, las plantas mostraron un excelente estado de desarrollo, por haber sido sembradas en tierras

descansadas por muchos años. La cosecha fue abundante. Por tres años consecutivos se lograron rendimientos por el equivalente a 40 TM/ha. Por supuesto, la cosecha también fue celebrada de una manera típica, incluyendo un almuerzo tradicional o *pachamanca*.

Diversidad biológica y reforestación

Una de las riquezas en la cuenca del Río Santa Eulalia es la diversidad biológica, en apariencia escasa, aunque de mucho interés. Merced a un inventario de la flora nativa, que fuera realizado por la NCTL en 1994 en la margen izquierda de la cuenca, fue posible determinar 253 especies, de las cuales 102 son utilizadas para diversos fines (medicina, combustible, alimentación, artesanía, uso ceremonial, construcción de viviendas, ornamentación, afrodisíacos y alucinógenos). Nada menos que 69 especies (68%, o sea un poco más de las dos terceras partes del total utilizado), son utilizadas para fines medicinales.

Las características de la biodiversidad se observan en la papa nativa, de la que existe una regular cantidad de variedades, lamentablemente en peligro de extinción. La NCTL inició un proyecto para la recuperación y mejoramiento por selección masal –muy fácil de realizar por parte de los campesinos, aunque de larga duración– y propagación de cinco variedades de papa nativa. Lamentablemente, luego de cinco años el proyecto debió suspenderse por falta de fondos.

Entre la flora silvestre detectada en la zona se encuentran diversas especies de papa silvestre o “papas de zorro” (*Solanum* spp.), valiosas para fines de fitomejoramiento. También hay especies arbóreas como el “mito” (*Carica candicans*), muy devastadas por la voracidad del ganado caprino, que es el más abundante de la zona.

En la cuenca era necesario reforestar, tarea que viene realizando el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS); porque la gente sigue utilizando la leña como combustible, ya que paradójicamente la electricidad es cara. En la actualidad, los campesinos deben recorrer distancias considerables diaria o interdiariamente, remontando empinadas pendientes, cargando pesados atados de leña. Esta tarea es realizada habitualmente por los niños. En general, los campesinos realizan desde su niñez grandes esfuerzos en sus tareas cotidianas, siendo esta la razón por la que son muy propensos a las hernias.

NCTL considera que un programa de reforestación es laborioso pero simple. Por ejemplo, se requiere de mucha capacitación, mejor dicho, formación de conciencia forestal. Así, NCTL demostró en San Pedro de Casta que es posible construir viveros artesanales muy simples. Con solo US\$ 0.50 se adquirieron 100 gramos de semillas de eucaliptos,

que sembradas en un espacio muy reducido (no mayor de 2,50 m por 3,50 m), dentro de la casa de un campesino, produjeron unos 5,000 plantones. Una parte de estos fue sembrada en Casagayán (San Pedro de Casta), a lo largo de surcos de infiltración; otra parte fue distribuida entre la población, principalmente entre los niños, para que sembraran sus arbolitos donde ellos quisieran y pudieran cuidarlos mejor. Esta es una manera muy positiva de reforestar, ya que los árboles demoran unos 10 años antes de alcanzar un estado de desarrollo que permita su utilización. Como se comprenderá, esto le conviene más a un niño que a un adulto, que requiere de un retorno más rápido.

Las zanjas de infiltración trazadas en Casagayán fueron construidas siguiendo el ejemplo de Cajamarca. Sin embargo, a diferencia de lo que ocurrió allí –donde el agua de lluvias fue absorbida para surgir en manantiales que aparecieron en niveles inferiores– en San Pedro de Casta no ocurrió lo mismo. Esto se debió a que en Cajamarca los suelos son de material tufáceo, que es muy filtrante; mientras que en San Pedro de Casta son más bien arcillosos, es decir, más impermeables. Además, la precipitación pluvial en Cajamarca es mayor.

Importancia del riego

Uno de los problemas –tal vez el más evidente– lo constituye la escasez de agua para el riego. En general, la vertiente occidental andina es muy seca; sin embargo el agua se desperdicia debido al descuido de los campesinos para mantener sus canales de riego. Así, es común observar agua escurriendo libremente por la carretera, debido a la rotura de algún canal de riego.

En la zona existen muchos canales prehispánicos, de los que algunos –generalmente los principales– siguen siendo utilizados. Del resto, solamente hay vestigios. En NCTL nos preguntamos por qué no se pueden rehabilitar algunos de estos canales y también construir acequias en las zonas andenadas, al estilo de las antiguas.

Uno de los errores de la NCTL fue recuperar andenes antes que canales y otras obras hidráulicas. En realidad, debe ser al revés: primero recuperar todo lo relacionado con el agua, y después los suelos. Es prioritario recuperar el agua mediante el mejoramiento de obras hidráulicas pretéritas o la construcción de nuevos artificios para el riego. Luego, los campesinos se sentirán motivados para recuperar sus andenes por sí mismos, sin que nadie se los imponga.

Ascendiendo a Marcahuasi (San Pedro de Casta), a unos 4,000 m de altitud, es posible apreciar un paraje bastante especial, cuyo ambiente se encuentra lleno de misterio y en donde se respira aire muy puro. Una ciudadela preinca, así como curiosas figuras pétreas como el denominado

“monumento de la humanidad”, que tiene forma de una cabeza con una serie de caras, matizan el ambiente. Pero lo que nos interesaba no eran los restos arqueológicos ni las figuras pétreas –que son típicas de áreas volcánicas– sino los recursos hídricos que allí se encuentran. Hay cinco lagunas, la más grande de las cuales se denomina Cachu-Cachu. Y allí llama la atención una represa prehispánica. En aquellas épocas pretéritas, quienes habitaban en los Andes prefirieron las alturas de manera de poder controlar el agua, que es la fuente de vida. En niveles inferiores, en el piso de los 3000 metros en promedio, construyeron una serie de lagunitas artificiales o *cochas*, que ubicaron entre las quebradas, o sea en las salientes de los cerros, desde donde distribuían el agua hacia uno y otro lado. Solamente en la comunidad de San Pedro de Casta se han inventariado y evaluado 15 de estas *cochas*. Algunas siguen siendo utilizadas, otras han sido rehabilitadas y también existen varias que permanecen sin uso.

Para la rehabilitación de las *cochas*, así como para muchos otros menesteres agrícolas, es necesario destacar el trabajo de las mujeres, quienes aparte de las tareas domésticas que les son propias –cocina, crianza y atención de los hijos y de sus propios esposos– se dan abasto para ayudar a los maridos en las faenas propias de la chacra. Se puede decir que las mujeres tienen un trabajo doble, y que son ellas el verdadero motor de las comunidades campesinas.

Conclusión y recomendaciones

Los campesinos andinos son hábiles para muchas faenas que pueden resultar difíciles para los costeños. Por ejemplo, son eficientes picapedreros. Así nos lo han demostrado en la construcción de represas y reservorios. Por ejemplo, para edificar el reservorio de Huamaní, en San Pedro de Casta, de 600 m³ de capacidad, emplearon solamente dos meses, simplemente por su habilidad para tallar la piedra y disponerla en lugares precisos de las paredes. A veces mueven grandes pesos únicamente mediante la ayuda de sus barretas, como en la construcción de canales al borde de profundos abismos.

En cuanto a los niños, ellos constituyen el futuro de las comunidades campesinas. A ellos hay que dedicarles muchísima atención. Por eso es de tanto interés fortalecer la educación, a la que nos parece que no se le concede la debida importancia. Es necesario tener en cuenta que, en general, los niños constituyen el futuro del Perú.

Es imprescindible que estos niños, quienes desde tierna edad demuestran sus habilidades a través de sus juegos infantiles, no caigan cuando sean mayores en las garras del alcoholismo, que es uno de los grandes problemas que existen en las comunidades andinas en general.

Experiencia en rehabilitación de andenes de la Agencia Santa Eulalia del PRONAMACHCS, en San Juan de Iris, Huarochirí, Lima

(A PRONAMACHCS Santa Eulalia Agency agricultural terrace rehabilitation experience in San Juan de Iris, Huarochiri, Lima).

RESUMEN

La rehabilitación y el inventario de andenes y obras hidráulicas tradicionales en micro-cuencas son parte de un conjunto de propuestas, que el Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS) promueve en todos los sectores de la actividad económico-social rural, buscando la participación activa y concertada de los agricultores. Desde 1993, el PRONAMACHCS viene promoviendo el mejoramiento de la infraestructura de riego y tiene previsto mejorar el reservorio de Anchicocha, el más importante de la comunidad de San Juan de Iris. A partir de 1994 se inicia el trabajo de rehabilitación de andenes con agricultores individuales y con el apoyo de un fondo rotatorio de semillas. En 1997 se contaba ya con aproximadamente 88 ha de andenes rehabilitados. En la comunidad de San Juan de Iris no existe la tradición de efectuar el mantenimiento y rehabilitación de andenes (*Llumay*), por lo que como primer paso se promovió la organización de un comité para la ejecución de las diferentes actividades conservacionistas, así como la administración de los fondos rotatorios. Del mismo modo, se identificaron y capacitaron a dos promotores comunales, quienes dirigieron la ejecución de las obras. En 1997 se consideró rehabilitar 20 ha adicionales de andenes ubicados en el sector Maizal.

ABSTRACT

Terrace rehabilitation, evaluation and inventory, and hydraulic projects in micro-catchments, are some of the main tasks PRONAMACHCS (National Watershed Management and Soil Conservation Program) promotes in rural areas with the active and concerted participation of local farmers. Since 1993, the improvement of irrigation infrastructure was impuled and the Anchicocha reservoir, the most important one for the San Juan de Iris community, was one of the goals. In 1994 the terrace rehabilitation activities were started working with individuals farmers using an agricultural seeds revolving fund. In 1997 about 88 ha of terraced land had been rehabilitated. In the San Juan de Iris community due to the lack of local tradition of terrace maintenance and rehabilitation (*Llumay*, a Quichua expression) the organization of an executive committee in charge of the terrace rehabilitation program as well as the administration of the revolving fund was decided. In the same way, two local key farmers were selected and trained as communal land use promoters, and they directed the terrace rehabilitation activities. During 1997, 20 ha located at the Maizal sector were additionally considered for rehabilitation.

¹ Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), Lima, Perú, rdolorier@hotmail.com, lutaba55@hotmail.com

Introducción

El objetivo principal del Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos (PRONAMACHCS), es diseñar, promover y ejecutar estrategias y acciones técnico-administrativas y de gestión, para el manejo integral de cuencas hidrográficas mediante la conservación de suelos, reforestación e infraestructura rural, con el fin de proteger y aprovechar racionalmente los recursos naturales renovables, humanos y de capital de las zonas altoandinas.

A partir del año 1984 la ex Agencia San Mateo ejecutó prioritariamente actividades de conservación de suelos con agricultores individuales de los distritos de San Mateo de Huanchor, Matucana y Tupicocha. Durante esta etapa se ubicaron áreas de comprobación las cuales, de manera demostrativa, sirvieron para difundir las ventajas de las prácticas conservacionistas.

Con la instalación de la Agencia PRONAMACHCS Santa Eulalia en el año de 1993, y como resultado del proceso de reestructuración del estado en su conjunto, y del sector agrícola en especial, se le asignan al PRONAMACHCS funciones adicionales y recursos financieros complementarios, y se empezó un proceso de masificación de los trabajos de conservación de suelos, así como de un tratamiento integral a la cuenca hidrográfica a través de sus programas de reforestación e infraestructura rural.

De este modo, en la actualidad, la Agencia Santa Eulalia viene trabajando con 74 comunidades campesinas, anexos y caseríos, ubicados en 20 distritos de la provincia de Huarochirí, departamento de Lima, y en las áreas geográficas de la cuenca del río Rímac, subcuenca del río Santa Eulalia, y la parte alta de la cuenca del río Lurín.

La topografía de este ámbito geográfico ostenta grandes pendientes y clima riguroso en donde los procesos erosivos de los suelos se manifiestan de manera extrema, motivando constantemente pérdidas irreparables de suelos y agua. Los antiguos pobladores de esta provincia ya se enfrentaron con este problema y manejaron estas laderas apropiadamente convirtiéndolas en terrenos productivos. El legado de este antiguo enfrentamiento hoy lo vemos en toda la provincia de Huarochirí a través de los sistemas de andenes, los que aún hoy en día son utilizados en casi el 80% de los terrenos agrícolas.

Desde 1993, año en el cual la Agencia Santa Eulalia pudo ampliarse, tanto en su área de acción como en la masificación de sus trabajos de conservación de suelos, la rehabilitación de las aproximadamente 15,000 ha de terrenos con andenerías, ubicados en sus ámbitos de trabajo, ha sido uno de sus principales objetivos. En el presente documento se presentan las experiencias adquiridas por la Agencia Santa Eulalia - PRONAMACHCS en su labor de conservación y

rehabilitación de andenes en todo su ámbito de trabajo. En particular se describe los trabajos que se realizan en la Comunidad Campesina de San Juan de Iris, en el año 1997.

Antecedentes

Área bajo andenes

Anteriormente, los estudios presentados por Masson (1983) y por Cotler (1985), han determinado que se tiene una superficie andenada de 10,533 ha, incluyendo la totalidad de la cuenca del río Rímac y la sub-cuenca del río Santa Eulalia. Si a ellos agregamos la superficie andenada del extremo sur de la Agencia Santa Eulalia en la parte alta de la cuenca del río Lurín, con aproximadamente 4,500 ha, tendremos un estimado de 15,000 ha de andenería en diferentes estados de conservación y uso actual.

Masson (1982), a través de estudios cartográficos y análisis estereoscópicos de fotografías aéreas verticales de la subcuenca del río Santa Eulalia, así como de una posterior comprobación en campo, determinó la existencia de casi 6,400 ha de andenes, de los cuales 1,200 ha se encontraban en uso, y 1,600 ha estaban en desuso pero en buen estado de conservación. El resto, unas 3,500 ha, se hallaban semiderruidas; se consideró improbable pero no imposible su rescate, dependiendo de la disponibilidad del agua de riego.

Cotler (1985) presentó un inventario de andenes en la misma cuenca del río Rímac, basada en estudios cartográficos y análisis de fotografías aéreas, litología, zonas de vida y comprobación en campo. Cotler calculó un total de 4,151 ha de andenerías, de las cuales se usan actualmente 2,700 ha, con un estimado de 719 ha a ser recuperadas.

Del resultado de ambos estudios se determinó que del total de las 10,533 ha con andenerías sólo son utilizadas 3,933, y se encuentran con posibilidades de recuperación 2,365 ha.

Adicionalmente, por estudios cartográficos y posterior verificación en campo, se ha determinado un total de 4,500 ha en la parte alta de la cuenca del río Lurín, ubicadas entre los distritos de Santiago de Tuna, San Andrés de Tupicocha y San Damián. De este territorio son utilizadas 2,700 ha, las cuales representan en promedio el 60% del total; el resto, 1,800 ha, están abandonadas y en diferentes estados de conservación.

En resumen, podemos decir que en el ámbito de trabajo que corresponde a la Agencia Santa Eulalia, se tienen aproximadamente 15,000 hectáreas de terrenos en andenería, de los cuales están en actual uso un total de 6,633 ha, es decir, el 44%. El resto, 8,367 ha, están por ser recuperadas de sus diferentes estados de destrucción y abandono.

Estado situacional de los andenes

La verificación en campo del estado situacional de la andenería ubicada en estos tres sectores geográficos (cuenca del río Rímac, sub-cuenca del río Santa Eulalia y parte de la cuenca alta del río Lurín), ámbito de la Agencia Santa Eulalia, permite identificar un factor que es hasta el 90% responsable por la situación actual. Este factor es el agua. La escasez del recurso agua es típico en esta parte de la sierra de Lima, parte de la vertiente occidental de la cordillera de los Andes. Las causas son los bajos registros pluviométricos actuales, que para esta zona son de menos de 200 mm. Otra causa debido a factores de clima mundial, y fácilmente observable en esta parte de la cordillera andina, es el retroceso de los nevados hacia alturas más allá de los 5,000 m. Con estas dos fuentes principales de agua en la región fatalmente disminuidas, los sistemas de andenes, los cuales en más del 90% dependían del riego, han sido abandonados paulatinamente. Este abandono continúa efectuándose hoy en día y tal vez esto sea más visible en la subcuenca del río Santa Eulalia y en la parte alta de la cuenca del río Lurín.

El factor humano es el otro factor de importancia a tener en cuenta. Por ser Huarochirí la provincia serrana más próxima a la capital del país podría esperarse que el 100% de sus necesidades básicas estén satisfechas, pero en la realidad esto no ocurre. Los servicios básicos de luz, agua doméstica, desagüe, y muy especialmente los servicios orientados a la producción como educación tecnológica adaptada al medio, carreteras, créditos, extensión y asistencia técnica, son en general bastante deficitarias. Este cuadro estimula al poblador huarochirano a abandonar sus tierras y pueblos y deslocarse hacia la capital. Este proceso migratorio es cada vez más intenso y en muchas de las comunidades de la zona las tasas de crecimiento demográfico son negativas.

La población actual residente, por falta de mano de obra, se limita a usar solamente una parte del área andenada para su producción agrícola; la restante está sometida a la implacable destrucción que causa la ganadería vacuna y, muy especialmente, la caprina. Además, por ser áreas de pastoreo y depredación de la vegetación arbórea y arbustiva, estas zonas andenadas son expuestas a la erosión causando pérdidas irreparables.

Los campesinos no llevan normalmente un programa de mantenimiento y conservación de los andenes actualmente en uso y es muy fácil determinar en ellos algún grado de deterioro mayormente en el talud de piedra, es decir en la *pirca*. Las piedras están caídas como consecuencia del paso de la ganadería de vacunos y caprinos luego de las cosechas, o están próximas a caer por la vegetación arbustiva y aún arbórea que se desarrolla dentro de la misma *pirca*. El mismo banco o terraplén normalmente está

desnivelado por el mal manejo de prácticas culturales del suelo y por la presencia de los arbustos y piedras.

El proyecto: rehabilitación de andenes

Estrategia

El Proyecto Rehabilitación de Andenes es sólo una de las prácticas de conservación de suelos que promueve el PRONAMACHCS en toda la región altoandina del país. Como ya hemos mencionado, la Agencia Santa Eulalia inició trabajos conservacionistas a través de la ex Agencia San Mateo en 1984. Pero éstos fueron limitados a algunas áreas de comprobación, con agricultores individuales motivados por los beneficios de estas prácticas. El trabajo extensivo de difusión masiva de prácticas de conservación de suelos se inició en 1936. Durante éstas las estrategias de trabajo del PRONAMACHCS se han enriquecido, al incorporarse los programas de Desarrollo Agrícola o Apoyo a la Producción, Desarrollo Forestal y especialmente el de Infraestructura Rural.

Para el caso específico de la rehabilitación de andenes, variando de alguna comunidad a otra, las estrategias y actividades a realizar son las siguientes:

1. Actividades previas

- a) Identificación de comunidades con deterioro de sus recursos naturales, entre estos andenería en condiciones de ser rehabilitada, y evaluación de sus posibilidades de recuperación física e implementación de un sistema de mejoramiento de la infraestructura de riego.
- b) Motivación de la población interesada para trabajar en la rehabilitación de los andenes. Esta es la etapa más importante, y consiste en la convocatoria inicial para participar de los trabajos de conservación de suelos y desarrollo forestal que promueve el PRONAMACHCS. La capacitación para el reconocimiento del campesino de sus problemas como causa del deterioro de sus recursos naturales, entre ellos el abandono de sus andenes.
- c) Organización comunal para el trabajo conservacionista.
- d) Para el trabajo específico de la comunidad con la agencia se conforma un Comité Conservacionista o de Fondo Rotatorio. A través de él se coordinan y ejecutan los trabajos conservacionistas y la entrega de materiales e insumos necesarios para el cumplimiento de éstos. Asimismo, la elección de promotores, los cuales son capacitados por la agencia y conforman el nexo entre las necesidades de la comunidad y el apoyo de la agencia.
- e) Selección de los sectores de andenes a ser rehabilitados.

- f) Como criterios determinantes en la elección del sector de andenes a mejorar, consideración del tipo de propiedad, el cultivo a instalar, el piso agro-ecológico, la productividad de los suelos y, sobre todo, las posibilidades de regadío del sector.
- g) Firma de convenio y definición del Plan de Trabajo a realizar. Se plantean las metas a lograr, los trabajos a cumplir y los días para realizarlos.

2. Tareas durante la rehabilitación

Se evalúa el sector de andenes a trabajar y se determinan los trabajos a ejecutar y el objetivo a lograr.

- a) Los promotores comunales y extensionistas de la agencia dirigen la obra de rehabilitación. Se distribuye el personal en brigadas o tramos de tareas individuales.
- b) El trabajo inicial debe ser la limpieza total del terreno y la recolección y clasificación de las piedras para la reconstrucción de los muros (foto 1).
- c) Verificación del trazo del andén y construcción de la zanja de climatación.
- d) Se reconstruye el muro o pirca del andén, previo replanteamiento o no del ancho del banco o terraplén y de la altura de la *pirca* o muro, de acuerdo con la pendiente del terreno. La reconstrucción del muro se inicia cuidando que las piedras más grandes estén como base del muro y las medianas y pequeñas hacia la parte alta del muro y en el relleno, respectivamente (foto 2).
- e) Nivelación del banco o terraplén del andén, cuidando la capa arable del suelo (foto 3).
- f) Se termina la obra acondicionando las tomas y redes de riego que abastecen de agua a los andenes.

3. Trabajos después de la rehabilitación

Se define un programa de conservación y mantenimiento de los andenes recién rehabilitados. Es decir, se plantean trabajos en las partes altas de los andenes como la construcción de zanjas de infiltración, y reforestación

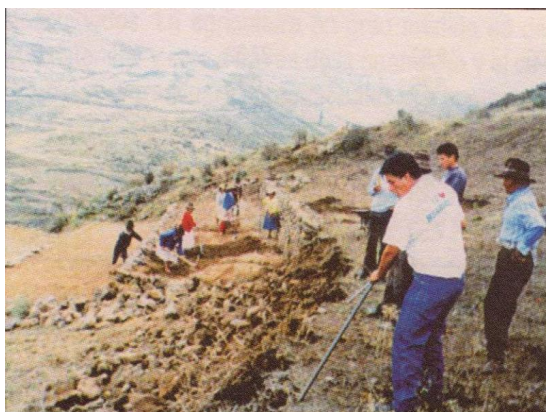


Foto 1. Limpieza del terreno.



Foto 2. Reconstrucción del muro.



Foto 3. Nivelación del terraplén del andén.

para promover la mayor disponibilidad y conservación del agua en las partes bajas. Con esto se protegen de la erosión. La agroforestería con especies nativas es también considerada.

Dentro de los andenes se propone un trabajo de mantenimiento de las estructuras. Esto conlleva el manejo óptimo del agua de riego, labores culturales apropiadas y reparaciones continuas.

El Comité Conservacionista o Fondo Rotatorio dispondrá prioritariamente que los insumos y asistencia técnica que otorgue la agencia sean utilizados para los andenes rehabilitados.

De este modo no solo se mejorará una infraestructura física, sino también se asegurará una buena producción y productividad de los andenes rehabilitados.

La experiencia de la rehabilitación

Desde el año 1993, en el cual se incrementó la presencia del PRONAMACHCS en la provincia de Huarochirí a través de la Agencia Santa Eulalia, con los programas de manejo racional de los recursos naturales y la ejecución

de obras de conservación de suelos, se ha tenido la satisfacción de ver la gran aceptación de las propuestas conservacionistas entre los comuneros y agricultores individuales de esta provincia.

Un trabajo muy especial ha sido la rehabilitación de los andenes, porque en las 74 comunidades, anexos y caseríos campesinos que atiende esta agencia, más del 50% de las áreas que actualmente son dedicadas a la explotación agropecuaria están ubicadas en andenes. Asimismo, en cada una de ellas, en mayor o menor grado, se encuentran áreas potencialmente productivas en andenes que hoy en día no son utilizadas, pero que, una vez rehabilitadas, se estarían incorporando nuevamente a la agricultura.

La rehabilitación de los andenes se aprecia en el cuadro 1; se ha venido realizando un promedio de 88 ha de rehabilitación de andenes, y esta ha ido incrementándose, a excepción del año 1996 por la salida de la Agencia Santa Eulalia de la microcuenca Ñamincancha.

Se aprecia una mayor área rehabilitada en la cuenca del río Rímac. Sin embargo, es la microcuenca de Lurín la zona geográfica en donde más área rehabilitada en promedio se ha venido ejecutando. Es importante destacar la característica habilidad del manejo de la piedra y en especial del levantar *pircas* o muros de piedra que tienen los pobladores de esta zona.

Teniendo en cuenta las variaciones en la altura de los muros, la pendiente, la disponibilidad del material, época de trabajo, grado de deterioro y otros, en andenes con un 60% de deterioro se están requiriendo un total de 650 jornales por hectárea de andenes rehabilitados en promedio. Es decir, en aproximadamente 1,300 m² de muros por hectárea se logra dos metros cuadrados pircados o reconstruidos de muro por jornal (término medio hombres y mujeres). El número de jornales requeridos por cada sub-actividad realizada y por cada hectárea de andén con 60% de deterioro se presentan en el cuadro 2.

Experiencia de la rehabilitación de andenes en la Comunidad de San Juan de Iris

Ubicación

La Comunidad Campesina de San Juan de Iris se encuentra ubicada en la parte alta de la subcuenca del río Santa Eulalia y pertenece a la microcuenca Chilcacocha, aproximadamente a 5 horas o 90 km de la capital.

Se ubica geográficamente entre latitud sur 11°42'-11°40' y longitud oeste 76°33'-76°28' y a una altitud de 3,400 m. Sus terrenos se ubican entre los pisos ecológicos Quechua y Puna y ostentan pendientes entre 30% y 80%.

Cuadro 1. Rehabilitación de andenes

Cuenca o subcuenca	Microcuenca	Rehabilitación de andenes (ha)			Total andenes rehabilitados (ha)	
		1994	1995	1996	Microcuenca	Cuenca o subc.
Río Santa Eulalia	Sacsa	5,32	15,60	19,90	40,82	87,83
	Chilcacocha	5,50	7,25	12,50	25,25	
	Carhuachayo	5,00	3,00	1,20	9,20	
	Marcopuquio	3,25	5,50	0,33	9,08	
	Carhuayuma	2,73	0,75	—	3,48	
Río Rímac	Río Seco	14,40	9,09	3,83	27,32	101,80
	Canchacalla	—	—	0,75	0,75	
	Pancha	3,90	11,75	11,50	27,15	
	Parac	6,50	7,75	9,00	23,25	
	Río Blanco	1,68	3,75	1,50	6,23	
	Chucumayo	—	2,50	2,50	5,00	
	Yanajune	—	3,90	7,50	11,40	
Río Lurín	Chamallanca	1,00	3,00	—	4,00	74,41
	Lurín	14,51	13,00	10,05	37,56	
	Ñamincancha	20,35	12,50	—	32,85	
Total (ha)		84,14	99,34	80,56	264,04	264,04

Cuadro 2. Número de jornadas requeridas.

Subactividad	Nº jornales requeridos
Limpieza de terreno	20
Trazo preliminar (marcación)	10
Excavación de cimiento	80
Extracción de piedra	50
Acarreo de piedra	100
Construcción de muro	300
Relleno de terraplen	50
Nivelación de la plataforma	40
Total	650

Estructura agraria

La comunidad tiene un área agropecuaria de aproximadamente 800 ha, de las cuales el 80%, es decir, 640 ha son andenes. Sin embargo, tan solo unas 300 ha son utilizadas para la explotación agrícola, en gran medida por la escasa disponibilidad del agua de riego. El hecho de que exista esta escasez de agua motiva a una explotación rotativa de muchos sectores andenados, los cuales en su mayoría son dejados como zonas de pastizales, especialmente al ganado vacuno, del cual se estima un total de 1,000 cabezas, y del ganado caprino, unas 400 cabezas y el cual se incrementa rápidamente cada año. El problema que causa la ganadería a la andenería no existiría si los comuneros realizaran el mantenimiento de estas estructuras cada vez que el ganado ingresara a consumir los rastrojos de cosechas, o los pastos que se desarrollan en ellas.

La tecnología utilizada es baja. En el aspecto agrícola, aún se mantienen problemas fitosanitarios tradicionales los cuales en gran medida se deben a las inadecuadas prácticas culturales en el riego, aporque y preparación del terreno; asimismo, prácticas como el abonamiento y el manejo de las semillas en almacén son descuidados. La agricultura en gran medida es de subsistencia, y solo a través de la ganadería y el comercio se logran ingresos adicionales que sustenten otras necesidad de la población.

Los principales cultivos son la papa, el maíz, el haba, la arveja, el trigo, la cebada y la alfalfa; en menor escala se tiene a la oca, el olluco y la mashua.

Para los trabajos de la tierra se emplean herramientas tradicionales como la *taclla* o arado de pie. La rotación de los cultivos es conocida, así como los periodos de descanso para recuperar la fertilidad natural del suelo. Por la disponibilidad de riego en algunos sectores se llega a

sembrar papa hasta tres veces al año, una en abril (siembra de "ramos"), otra en agosto, ambas con regadío, y la última en octubre (siembra temporal o seco); el maíz en abril y en setiembre (*Huéchica*), el haba en enero, la arveja entre marzo y abril, el trigo y la cebada entre enero y febrero, lo mismo que para la instalación de la alfalfa.

El pueblo de San Juan de Iris cuenta con cerca de 400 habitantes, y hay 92 comuneros empadronados, de los cuales 65 son comuneros activos. Cada comunero posee aproximadamente cuatro hectáreas en promedio, distribuidas en diversas parcelas.

Organización comunal

La organización como comunidad data de épocas antiguas en que habían los *ayllus*. San Juan de Iris tiene su origen en el pueblo antiguo de Marcawasi, hoy en ruinas.

La evidencia de esta organización antigua la tenemos en las tres parcialidades que existen: las de Callan, Curaca y Chaupin. Sin embargo, estas en la práctica solo participan en la vida diaria de la comunidad en la festividad de la *champería* o fiesta del agua. En la actualidad, la organización comunal se sustenta en el control y distribución de las aguas de regadío. La comunidad de San Juan de Iris tiene como fuente principal de agua a dos lagunas al este del pueblo, entre los 4,600 y 4,800 m de altitud. Estas son las lagunas de Curicocha y Llamacocha, respectivamente.

Las aguas de estas lagunas son tomadas aguas abajo en la toma de Callahuaylla, y de ahí por un canal de cerca de 10 km de longitud son distribuidas en los terrenos andenados de las inmediaciones del pueblo. La comunidad, a través de su Comité de Riego comunal, administra la distribución de esta agua de acuerdo con las necesidades de cada sector. Existen otras organizaciones de riego más pequeñas, constituidas por beneficiarios de algún manantial o toma de riego particular, principalmente en la quebrada Pillihua.

En la última semana del mes de mayo, la fiesta del agua, o *champería*, es la más pomposa y tradicional del valle del río Santa Eulalia. Durante esta semana toda la población se moviliza para el mantenimiento y conservación de la principal infraestructura de riego de la comunidad.

En San Juan de Iris, además de la comunidad campesina, existe la autoridad municipal, representada por el alcalde, y la autoridad política, representada por el gobernador. Las mujeres están organizadas en el Club de Madres.

El trabajo de rehabilitación de andenes

Este trabajo se inició con el mejoramiento de la infraestructura de riego en años anteriores. La agencia ha efectuado

el mejoramiento de 1,300 m de canal en los sectores Mapano y Chilcacocha. Se espera mejorar el reservorio comunal de Anchicocha, el principal de la Comunidad de San Juan de Iris. El trabajo en andenes se inició en el año 1994 con agricultores individuales con apoyo de un Fondo Rotatorio de Semillas, lo cual posibilitó una rehabilitación de 25,3 ha. En San Juan de Iris no existe tradición de mantenimiento y rehabilitación de los andenes o *Llumay*, nombre tradicional de estas infraestructuras, herencia de sus antepasados. Esto conllevó, primeramente, organizar a la población: dentro de la comunidad se conformó un Comité de Fondo Rotatorio, a través del cual se comenzaron a asignar algunos recursos indispensables para el trabajo conservacionista como son las herramientas y semillas mejoradas de los cultivos de papa, haba y alfalfa.

Se conformaron dos promotores comunales, los cuales dirigieron estas obras previa capacitación y asistencia técnica por parte del personal de la agencia. Luego se programaron los sectores en donde se empezarían a rehabilitar los andenes. En asamblea comunal del mes de enero del presente año, se determinó rehabilitar el sector de andenería llamado "Maizal". Este sector cuenta con 20 hectáreas aproximadamente y presenta un deterioro del 40% en promedio. Este deterioro ha sido mucho menor, comparativamente, que el de otros sectores, debido a la cercanía del pueblo que ha permitido un mejor cuidado de la andenería que presenta pendientes entre 30 y 40% con muros de piedra de 0.40 m de ancho en la corona y entre 1.5 m y 3.0 m de altura.

El nombre de este sector es dado por la mayor dedicación al cultivo del maíz (70% del área total), seguido de haba y arveja (20%) y papa (10%). Así también, no todo el sector es sembrado anualmente, ya que aproximadamente el 40% es puesto en descanso por un año como mínimo. También se realiza la rotación de éstos cuatro cultivos. La ubicación del sector y el pueblo de San Juan de Iris se aprecian en la figura 1.

Para el trabajo de rehabilitación de andenes trabajan un total de 68 participantes distribuidos en 4 brigadas de entre 15 y 17 comuneros cada una. En la asamblea comunal de enero se determinó trabajar todos los días domingo. Sin embargo, por el compromiso de reinstalar el vivero forestal y la plantación forestal, entre los meses de enero y febrero se alternó con esta actividad.

La descripción de las tareas es como sigue:

Se determinó el no ingreso de ganadería de ningún tipo mientras durara la rehabilitación de los andenes. Asimismo, se comenzó el trabajo por la parte baja, para ir construyendo de abajo hacia arriba, y así ejercer un mejor control de cualquier probable ganadería que hiciera daño.

Inicialmente se realiza la limpieza y quema de los pastos y vegetación arbustiva que crece en los muros y terraplén del andén.

Se recolectan las piedras que son extraídas en el trabajo de la limpieza. Asimismo, se realiza el trazo siguiendo la curva de nivel del muro a rehabilitar.

Se cava la cimentación del sector del muro a rehabilitar teniendo profundidades entre 40 y 60 cm, y con ancho de 60 - 80 cm de acuerdo con el tamaño de las piedras a colocar en la cimentación.

Previo tendido de los cordeles de nivelación del muro se procede a levantar la *pirca*, colocando las piedras desde las más grandes en la base hasta las medianas en la cumbre, y se utilizan las pequeñas para el relleno de los espacios y para asegurar el drenaje interior.

Levantado el muro con las piedras bien trenzadas y rellenas, se procede a la nivelación del terraplén o banco, para lo cual se utilizan lampas, picos y rastrillos. Asimismo, se deja acondicionado el sistema de riego que se utilizará en el andén.

Estos andenes quedarán así listos para la instalación de los cultivos en la cual previamente se preparará el terreno con el abono orgánico, y en especial con guano de islas, que es el que está siendo utilizado por los fondos rotatorios de la agencia.

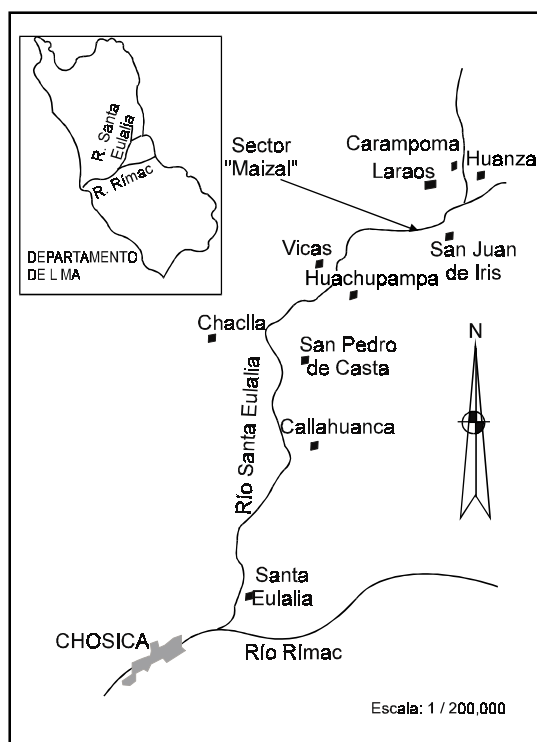


Fig. 1. Mapa de ubicación de la comunidad campesina de San Juan de Iris y el sector de trabajo.

Actualmente ya se tiene acondicionado un aproximado de 2 ha, las cuales en cada faena vienen siendo incrementadas y dispuestas para una mejor producción y productividad.

Conclusiones

En el total de las comunidades huarochiranas es visible, aun hoy en día, el sistema de andenerías que construyeron nuestros antepasados y gracias al cual actualmente más del 80% del área agrícola cultivable está en andenerías.

El potencial de incorporar más áreas para la agricultura en la sierra de Lima, está en la rehabilitación de los andenes. Para el caso de la cuenca misma del río Rímac, la subcuenca del río Santa Eulalia y la parte alta de la cuenca de río Lurín, este potencial se presenta en 8,367 ha de tierras andenadas aún por recuperar.

Un factor prioritario a tener en cuenta para ser posible esta recuperación de andenes es la rehabilitación de los siste-

mas de regadío. En gran medida, el abandono actual obedece a la falta de agua para el regadío de los cultivos que ahí se instalen.

La organización campesina y la asistencia técnica continua, que las entidades públicas y privadas sepan brindarle a esta actividad de recuperación de andenes, así como el manejo adecuado de sus recursos naturales en general, es fundamental para la creación de la conciencia conservacionista en el campesino.

Así como en la comunidad de San Juan de Iris, también las diversas comunidades, anexos y caseríos de la Agencia Santa Eulalia - PRONAMACHCS ya han adquirido conciencia de lo que significa mejorar y conservar sus recursos como el de sus andenes. Aun cuando la recuperación del sector "Maizal" es apenas un 10% del total de área andenada de la comunidad, se espera que esta sea un área demostrativa e irradie las ventajas productivas que se tienen al recuperar y conservar los andenes, herencia de sus antepasados.

Caracterización de andenes en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú

(Characterization of terraces in the Santa Eulalia river basin)

RESUMEN

La cuenca del río Santa Eulalia a 40 km al Este de Lima, destaca por su importancia para el abastecimiento de energía a la capital del Perú; sin embargo, sus áreas agrícolas desarrolladas tradicionalmente sobre andenes son prácticamente ignoradas. Esta ponencia muestra las características generales de los andenes en la cuenca de Santa Eulalia, poniendo especial atención a los de las comunidades de San Juan de Iris (Marcahuasi y Pariataca) y Laraos, construidos en elevaciones desde los 3000 msnm (Laraos) hasta los 3700 msnm (Marcahuasi). En las zonas indicadas se midieron 233 andenes distribuidos en la siguiente forma: Marcahuasi 69, Pariataca 73 y Laraos 91. Se consideró la siguiente información de los andenes: ubicación (altitud y exposición); características de la plataforma (largo, ancho, área, pendiente, pedregosidad, uso, cobertura vegetal y grado de abandono); y características del muro (altura, diámetro de las piedras, cobertura vegetal y curvatura). Algunos resultados destacables en la muestra estudiada son los siguientes: las terrazas de Marcahuasi son de secano, las zonas más abandonadas están en Marcahuasi y Laraos. Las plataformas de mayor área, aunque con mayor pedregosidad, están en Laraos que también presenta las pendientes promedio más bajas. La mayor densidad de cobertura vegetal en la época seca, se observa en Marcahuasi. Con respecto al muro de los andenes, los más altos están en Pariataca y Laraos y éstos últimos presentan mayor vegetación y deterioro.

ABSTRACT

The Santa Eulalia River basin, 40 km east of Lima, is renowned as the source of energy for the Peruvian capital. However, local agriculture traditionally developed on terraced land and supporting numerous communities, is practically unknown. This article shows the general terrace characteristics of the area, with special emphasis on the communities of San Juan de Iris (Marcahuasi and Pariataca) and Laraos, at altitudes ranging between 3000m (Laraos) and 3700m (Marcahuasi). The records show 233 terraces: 69 for Marcahuasi, 73 for Pariataca and 91 for Laraos. Measurements were taken during 1994 and 1995 and all of the following were noted: location (altitude and exposure), platform (width, length, gradient, stoniness, use, vegetation cover, and degree of abandonment); and characteristics of the containing wall (height, diameter of stones, vegetation, curvature). The terraced land of Marcahuasi depends on natural precipitation; in the other areas, terraces are or can be irrigated. Abandoned terraces are more common in Marcahuasi and Laraos; the largest and with the higher stoniness terraces are in Laraos, the smallest in Upica, and Marcahuasi terraces have the greater vegetation cover during the dry season. As for the walls, the tallest are in Pariataca and Laraos; those in Laraos have the major vegetation cover and are the more deteriorated.

¹ Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, calllerena@lamolina.edu.pe

² Departamento de Geografía, Universidad de Haifa, Israel, inbar@geo.haifa.ac.il

³ Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, Perú, amandadlta@hotmail.com

Introducción

La cuenca del río Santa Eulalia, a 40 km de Lima, destaca por su importancia en el abastecimiento de energía a la capital del Perú y es conocida por sus obras hidroenergéticas (Sheque, Huinco, Barbablanca); sin embargo, sus áreas agrícolas desarrolladas tradicionalmente sobre andenes que sustentan a sus numerosas comunidades, han sido prácticamente ignoradas por los que planearon el desarrollo del área, los que estudian los procesos de uso de la tierra y sus impactos en el medio y la opinión pública en general.

Esta ponencia muestra las características generales de los andenes en la cuenca de Santa Eulalia, y pone especial atención a los de las comunidades de San Juan de Iris (Marcahuasi y Pariataca) y Laraos.

Santa Eulalia, su cuenca y sus andenes han sido estudiados solo en los últimos tiempos por diversos autores tales como Córdova (1994), López (1998), Masson (1986a, 1986c, 2004), Inbar y Llerena (2004) entre otros.

Área de estudio

Las comunidades de San Juan de Iris (Marcahuasi y Pariataca) y Laraos se encuentran en la cuenca de Santa Eulalia (figura 1) presentando elevaciones desde los 2500 msnm hasta los 3700 msnm en Marcahuasi. Juntas cubren una extensión aproximada de unos 1012 km², con pendientes que pueden alcanzar los 50-60 grados, con sus asentamientos humanos actuales y en restos arqueológicos, áreas agrícolas y de pastoreo en laderas de diversas inclinaciones. En esta zona es posible observar manifestaciones orográficas naturales como huaycos y deslizamientos. Como consecuencia del accidentado paisaje y sus características, las poblaciones se encuentran ubicadas en las partes altas relativamente planas de la cuenca, en lugares donde se ha solucionado el problema de la poca disponibilidad de agua. La precipitación anual de la cuenca es de 436 mm. La vegetación y uso del suelo varía según la gradiente altitudinal: entre los 2000 y 2900 m predomina la vegetación xerofítica, sin embargo luego de la estación lluviosa es frecuente observar la presencia de pastos y arbustos dispersos; entre los 3000 y 3500 m pueden observarse una densa co-

bertura de arbustos, cactus y pastos. También pueden apreciarse algunas especies forestales nativas como quishuar y molle e introducidas como eucaliptos y pinos (Inbar y Llerena, 2000).

La comunidad de San Juan de Iris es una comunidad típica de los Andes. Compuesta por aproximadamente 100 familias (en 1997), la principal actividad económica de la comunidad es la agricultura y la ganadería. Cada comunero posee un área aproximada de 70 a 300 m² de tierra, lo cual equivale a entre 10 y 20 andenes. Los cultivos principales ubicados en los andenes son: papas, maíz, alfalfa y frejol. En años recientes, sin embargo, hay una tendencia a incrementar el cultivo de especies forrajeras como la alfalfa y abandonar los cultivos tradicionales. El ganado vacuno destaca como el de más importancia económica del comunero y su estatus está en relación directa con el número de cabezas que posee. Las vacas son la fuente principal de leche en la zona, y, pura o mezclada con leche de cabra, se convierte en queso y se vende a acopiadores de Chosica o de Lima. Los quesos de Iris tienen alta demanda. Además de vacas y cabras, se observa también ovejas y cerdos en pequeña cantidad (Inbar y Llerena, 2000).

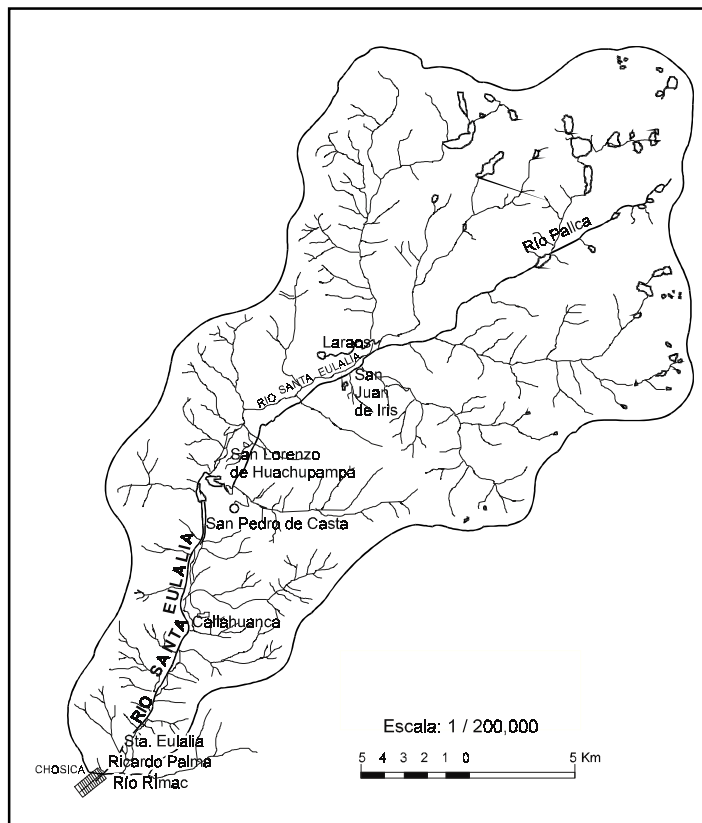


Fig. 1. Cuenca del río Santa Eulalia.

La comunidad de Laraos desarrolla cultivos similares a iris, pero destaca por el aprovechamiento de plantas medicinales que crecen naturalmente en los andenes. Los comuneros de Laraos son conocidos en la zona por sus conocimientos de medicina natural.

Métodos de estudio

En toda la zona de estudio los andenes son omnipresentes con diferentes edades y arreglos, diversas densidades en las laderas, varios tipos, adaptaciones al uso y al terreno y en diferente estado de conservación. El ordenamiento observado de los andenes sugiere que en la zona existía una fuerte tradición y considerable experiencia en su construcción, como en otras zonas andinas y de montaña en general. Como indica Donkin (1979), las irregularidades de la pendiente son modificadas por secciones de ángulos rectos y el uso de muros, de distintos tipos.

En las zonas indicadas se midieron y estudiaron 233 andenes distribuidos en la siguiente forma: Marcahuasi 69, Pariataca 73 y Laraos 91. Las mediciones fueron tomadas durante el año de 1994 en los meses de febrero y setiembre y en 1995, en agosto, con la colaboración de estudiantes de pregrado, en su mayoría del curso de Ordenación de cuencas de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y de la carrera de Geografía de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).

Se consideró la siguiente información de los andenes: ubicación (altitud y exposición); características de la plataforma (largo, ancho, área, pendiente, pedregosidad, uso, cobertura vegetal y grado de abandono); y características del muro (altura, diámetro de las piedras, cobertura vegetal y curvatura).

El grado de abandono de las terrazas fue evaluado considerando los indicios objetivos del mismo, tales como el

pandeo o curvatura del muro y su deterioro total o parcial, y los procesos de erosión y la presencia de surcos o cárcavas en la plataforma. Para definir correctamente el uso pasado del andén y algunas peculiaridades de su uso presente (tales como subdivisiones de plataformas para usos parciales diferentes de las mismas por sus herederos), durante las visitas de campo se contó con la participación de comuneros locales y la constante y valiosa asesoría y guía del experimentado Sr. Gaudencio Retamozo, ex Presidente de la Comunidad de San Juan de Iris, gran conocedor de la región.

Resultados

Se puede observar toda la información en el campo en el cuadro 1 y su información resumida en el cuadro 2.

Uso

En Marcahuasi casi todos los andenes son de cultivo en seco. Pariataca y Laraos presentan combinación de andenes bajo riego y en seco (fotos 1, 2 y 3). En Pariataca se encontraron 19 andenes bajo riego y 37 en seco, de un total de 73. En Laraos se encontraron 31 bajo riego y 51 en seco, de un total de 91.

Grado de abandono

Son pocos los andenes trabajados en las tres zonas, la mayoría se encuentra en grado de semiabandono o abandono total (87% del total). En Marcahuasi se encontraron 50 andenes en estado de semiabandono, 12 en abandono total y 7 trabajados, de un total de 69.

En Pariataca se encontraron 44 en semiabandono, 21 en abandono total y 8 trabajados, de un total de 73. En Laraos se encontraron 53 en estado de semiabandono, 37 en abandono total y 1 trabajado, de un total de 91.

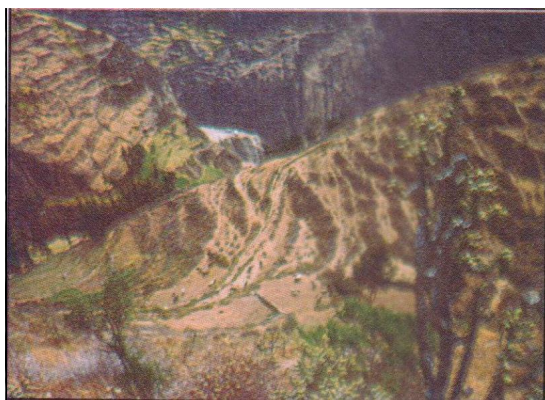


Foto 1. Andenes en Pariataca, Iris, en estación seca.



Foto 2. Andenes en Pariataca, Iris, en estación de lluvias.



Foto 3. Andenes de secano (Iris).

Características de la plataforma

Tamaño

En Marcahuasi las plataformas tienen un largo variable de 4,3 a 37,4 m (18,8 m en promedio) y el ancho varía entre 3,2 y 14,1 m (7 m en promedio). En Pariataca las plataformas tienen un largo que varía entre 8,7 y 39,7 m (18,4 m en promedio) y un ancho que varía entre 1,7 y 19,6 m (7,2 m en promedio). En Laraos las plataformas varían entre 2,5 y 54,8 m (21,3 m en promedio) de largo y 2,5 y 30 m (10,9 m en promedio) de ancho.

Se puede observar que las plataformas en Marcahuasi son similares en tamaño a las de Pariataca, las de Laraos, en cambio, presentan mayores dimensiones, aproximadamente 3 m más en promedio, tanto en ancho como en largo.

Área

En Marcahuasi el área promedio de la plataforma varía desde 15,9 m² a 354,4 m² (121,8 m² en promedio). En Laraos varía de 17,6 m² a 1078 m² (243,9 m² en promedio). En Pariataca, varía de 16,2 m² a 868,3 m² (135,8 m² en promedio).

Pendiente

En Marcahuasi la pendiente varía desde 0% hasta 68% (promedio de 15,2%). En Laraos la pendiente varía desde 0,5% hasta 40% (promedio 6,1%). En Pariataca varía desde 1% hasta 56% (promedio 17,6%). Se observa gran variabilidad en todas las zonas.

Pedregosidad

En Marcahuasi el porcentaje promedio es de 7,9%. La mayoría tiene pedregosidad muy baja (debajo del 10%) salvo contados casos en donde se encontró que la pedregosidad puede variar entre el 20 y 40%. En Pariataca el porcentaje promedio de pedregosidad es de 4,2%. La pedregosidad es casi nula en la mayoría, salvo contados casos en que se observó pedregosidad de hasta 15-20%.

En Laraos, el porcentaje promedio de pedregosidad es de 11-14%. La pedregosidad, por tanto es bastante variable (desde 0 hasta 50%), encontrándose muchos andenes con niveles medios de pedregosidad (10-20%).

Cobertura vegetal de la plataforma

En Marcahuasi se tiene un promedio de 82,7% de cobertura vegetal, de los cuales 59% son pastos, 22,2%, arbustos y 7,4% cactus (foto 4). En Pariataca se tiene un promedio de 56,5% de cobertura vegetal, de la cual 45,5% son pastos, 23,7% son arbustos y 16,4%, cactus. La densidad de cactus es muy baja (menor de 10%) y solo se presentó en 7 andenes de 73, sin embargo, el porcentaje promedio es alto debido a la presencia de un 80% de cactus en uno de los andenes evaluados. En Laraos se tiene un promedio de 67,1% de cobertura vegetal, de la cual 27,3% son pastos, 22,3% son arbustos y 17,4%, cactus (foto 5).



Foto 4. Sector Marcahuasi. Cobertura vegetal.



Foto 5. Sector Laraos. Cobertura vegetal.

Muro: Altura

En Marcahuasi los muros varían desde 0,67 a 2,85 m en promedio. En Pariataca varían de 0,8 a 6,5 m, en promedio (promedio de alturas máximas y mínimas). En Laraos, varían de 0,96 a 5,5 m.

Diámetro de piedras

No hay mayores diferencias en los diámetros promedios de las piedras de la pared (aproximadamente 20-23 cm). En Marcahuasi el diámetro promedio es de 19,6 cm, en Pariataca es de 22,6 cm y en Laraos, de 22,5 cm.

Cobertura vegetal del muro

En Marcahuasi el 71,6% de los muros está cubierto por cobertura vegetal, de la cual 50,9% son arbustos, 21,2% son pastos y 17,4% son cactus. En Pariataca el 60,6% es cobertura vegetal, de la cual el 51,3% son arbustos, el 30,4% son pastos y el 8,8% son cactus. En Laraos el 66,8% es cobertura vegetal, de la cual el 50,6% son arbustos, el 20,5% son pastos y el 18,1% son cactus.

Curvatura

En Marcahuasi 25 de los 69 muros presentaban pandeo o curvatura, en Pariataca, 22 muros de 73 y en Laraos 3, de 91 muros.

Discusión

El grado de abandono o semiabandono encontrado en las tres zonas estudiadas es significativamente alto (87%). Las causas del abandono de andenes son complejas e implican por lo general una combinación de factores sociales, económicos y físicos como son el uso y propiedad de la tierra, distancia entre los andenes y la comunidad, migración y envejecimiento de la población local, algunos problemas en la organización comunal quizás relacionados a los tiempos modernos y su influencia en el abandono de algunas tradiciones agrícolas, la mayor importancia relativa actual de la ganadería y el pastoreo sin control en andenes, la falta de mercados y bajos precios de los productos agrícolas, posibles cambios climáticos y disminución de la disponibilidad de agua por desaparición de glaciares y bajas precipitaciones. En Laraos, comunidad en donde se encontró el más alto porcentaje de andenes en estado de abandono o semi abandono, muchos de los andenes llegaron a esa condición como consecuencia de que los comuneros cambiaron de actividad económica principal dejando sus cultivos agrícolas poco rentables y más trabajosos por la simple extracción y mercadeo de creciente demanda de plantas medicinales que crecen en forma natural, sin necesidad de mayor cuidado.

La degradación biofísica de la tierra está fuertemente ligada al comportamiento social. La erosión resultante del abandono de andenes y la migración de jóvenes comuneros son procesos fuertemente ligados e irreversibles y son la principal causa del deterioro de andenes (Inbar y Llerena, 2000). Esta migración genera una escasez de mano de obra en actividades relacionadas con el mantenimiento y funcionamiento de los andenes pertenecientes a las familias de la comunidad.

En Marcahuasi y Pariataca el porcentaje de andenes trabajados también fue bastante bajo, 10% aproximadamente. En Marcahuasi uno de los factores determinantes del abandono de andenes es la distancia existente entre la comunidad y estos. Se piensa que antiguamente la comunidad habría quedado más cerca de las áreas de cultivo, sin embargo, debido al cambio de actividad económica, posibles cambios climáticos y procesos de erosión en masa, esta habría tenido que cambiar de lugar.

El cambio de uso de la tierra a pastizales, por la importancia actual de la ganadería, también provoca erosión y el colapso de los muros debido al libre pastoreo del ganado (Lehmann, 1993). El abandono de andenes también puede ser medido según las características del muro, muchos de los muros estudiados en las diferentes zonas presentaban un pandeo notorio, lo cual es un índice del proceso de deterioro por el cual están pasando. El mayor porcentaje de muros con curvatura notoria (pandeo) se encontró en Marcahuasi, a pesar de ser esta una zona de secano. El abuso del riego es una de las posibles causas del pandeo (Cerdeña-Bolínches, 1994 a, b; Salas y Vásquez, 1987; Salas, 2004).

Entre los andenes actualmente trabajados y los abandonados se diferenciaron entre cultivos en secano y cultivos bajo riego. En Marcahuasi casi todos los andenes medidos eran de cultivo en secano; mientras que en las demás zonas el uso es (o era) bajo riego.

Las plataformas de mayor área (243,9 m² en promedio), aunque con mayor pedregosidad, están en Laraos, que también presenta las pendientes promedio más bajas (desde 0,5% hasta 40%, con un promedio 6,1%).

La pedregosidad es un factor importante a medir y analizar, ya que es un factor determinante en la erosión. La pedregosidad incrementa la infiltración al reducir el impacto de la lluvia en el suelo y prevenir la formación de estratos superficiales duros e impermeables (Inbar y Llerena, 2000). Para todas las zonas de colección se encontró que la pedregosidad era variable, con rangos desde 0 hasta 50%, presentando muchos de los andenes estudiados niveles medios de pedregosidad (10-20%).

La medición de la cobertura vegetal también es importante para determinar el uso actual del andén y el grado de abandono. El grado y tipo de vegetación también son factores determinantes en los niveles de erosión de los andenes, por la protección a la erosión inicial por el impacto de las gotas de lluvia, el cual en precipitaciones de alta intensidad puede desencadenar el proceso erosivo.

La mayor densidad de la cobertura vegetal en la época seca, se observa en Marcahuasi. En todas las zonas predominan los pastos (casi el doble en relación a arbustivas excepto en

Laraos, en la cual las proporciones entre arbustos y pastos se asemejan). La densidad más alta de cactus se encuentra en Laraos, aunque se debe indicar el posible sesgo de la muestra en este sentido. Eliminando esta tendencia los cactus son más abundantes en Pariataca, aunque en los recorridos de campo se hayan encontrado mayores dificultades por la presencia de cactus en Marcahuasi (foto 6).



Foto 6. Vegetación de Marcahuasi, San Juan de Iris

Con respecto al muro, los más altos están en Pariataca (hasta 6,5 m) y Laraos (hasta 5,5 m); no hay mayores diferencias en los diámetros promedios de las piedras de la pared (aprox. de 20 a 23 cm). El mayor recubrimiento de plantas (arbustos en mas del 50% de casos) se encuentra en Marcahuasi; Pariataca y Laraos tienen niveles semejantes de vegetación. En todos los casos se observa una mayor proporción de arbustos, seguido de pastos y luego cactus. La presencia de arbustos con sus tallos leñosos sobre los muros denota el semiabandono o abandono de los andenes o su escaso mantenimiento (foto 7).

Conclusiones

- Son pocos los andenes trabajados en las tres zonas, la mayoría se encuentran en grado de semiabandono o abandono total (87% del total).
- Las plataformas en Marcahuasi son similares en tamaño a las de Pariataca; las de Laraos, en cambio, presentan mayores dimensiones, aproximadamente 3 m más en promedio, tanto en ancho como en largo.
- Laraos tiene mucho mayor área promedio de plataforma que las otras zonas y presenta las pendientes promedio más bajas.
- La pedregosidad es variable (desde 0 hasta 50%), muchos presentan niveles medios de pedregosidad (10-20%). Laraos presenta la mayor pedregosidad.
- En Marcahuasi se encuentra la mayor densidad de cobertura vegetal.
- En todas las zonas la cobertura vegetal de pastos predomina sobre los arbustos y cactus.

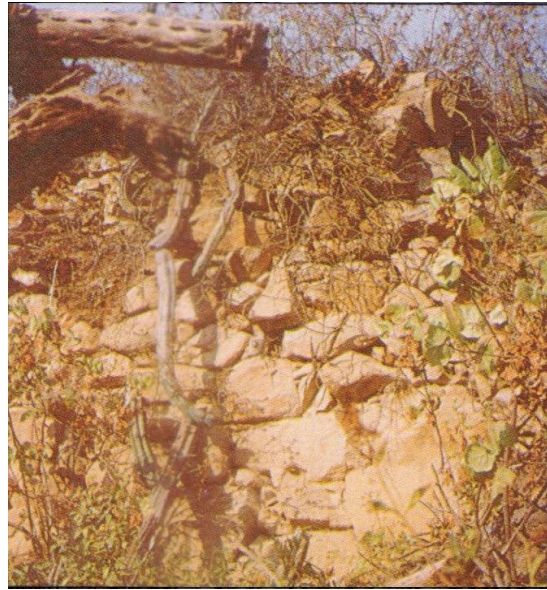


Foto 7. Presencia de vegetación en muro de andén.

- Los muros más altos se encuentran en Pariataca y Laraos.
- Los diámetros promedios de las piedras de los muros (aproximadamente 20-23 cm) son similares en las tres zonas.
- El mayor recubrimiento de plantas sobre los muros se encuentra en Marcahuasi.
- Marcahuasi presenta el porcentaje más alto de muros con curvatura notoria (pandeo). Esta conclusión se correlaciona con la anterior.

Agradecimientos

Al Sr. Gaudencio Retamozo por su valiosa asesoría y cooperación. A los alumnos de la UNALM participantes del curso "Estudio de Geomorfología Aplicada a Andenes Agrícolas Andinos", realizado en la localidad de San Juan de Iris del 14 al 20 de agosto de 1996: Alicia Rondón, Mario Osorio, Rosa María Hermoza, Sandra Isola, Elvira Gómez, Raúl García-Blasquez, Diana Vega, Kelly Soudre, David López, Carlos Negrón, Graciela Mamani, Denise Bautista, Rocío Malleux, Percy Mourao, Carolina De la Rosa, Jaime Semizo y Marne Suárez. Al Dr. Hildegardo Córdova, la Prof. Maricarmen Carrasco, y las alumnas Mariana Mindreau y Juanita Silva, de la especialidad de Geografía (PUCP), por su activa participación en la toma de datos de campo. A Varinia Pumphiu por su asistencia como fotógrafa y a las Ings. Romi Bazo y Patricia Huerta por el procesamiento inicial de la base de datos de esta información.

El presente estudio fue financiado por la Agencia para el Desarrollo Internacional (AID) de los Estados Unidos, Proyecto TA-MOU-C12-006.

Cuadro 1. Información de campo

N	EQUIPO	FECHA	LUGAR	ALTITUD (m)	EXPOS	PLATAFORMA DE ANDEN															MURO								OBSERVACIONES			
						Largo (m)			Ancho (m)			Area m2	Pend. %	Ped.	Uso	Cobertura Vegetal				Grado Aban.	Altura (m)			Diam. (cm)	Cobertura Vegetal					Curv.		
						M	m	prom.	M	m	prom.					total	c(%)	p(%)	a(%)		máx.	min.	med.		Total	c(%)	p(%)	a(%)				
1	A	16.08	MA	3550	NO	20.6		20.55	7.2		7.2	148	17.41	10	S	30	2	25	3	2	2.8	1.78	2.16	20	90				SI	A orillas del camino		
2	A	16.08	MA	3550	NO	9.25		9.25	3.35		3.35	31	32.25	20	S	80				2	1.95	1.33	1.76	15	60				NO			
3	A	16.08	MA	3550	NO	13.8		13.8	6.5		6.5	89.7	11.29	7	S	80				2	2.24	1.44	1.88	20	95				SI			
4	A	16.08	MA	3550	NO	18.7		18.7	10.6		10.6	198.2	20.96	4	S	75				2	3.3	1.9	2.75	25	50				NO	Cerca de cárcava		
5	A	16.08	MA	3550	NO	18.5		18.5	5.9		5.9	109.2	12.9	7	S	60				3	1.38	0.82	1.35	20	95				NO	Cactus en abundancia		
6	A	16.08	MA	3550	NO	14.8		14.8	12.6		12.63	186.9	20.64	3	S	80				2	2.35		2	2.1	25	75			NO			
7	A	16.08	MA	3550	NO	12.1		12.1	14.1		14.1	170.6	27.41	2	S	85				2			2.48	23	35				NO	Forma de triángulo		
8	A	16.08	MA	3550	NO	28.1		28.1	8.2		8.2	230.4	14.83	1	S	75				2	2.55	1.64		30	80				NO	Cactus en abundancia		
9	A	16.08	MA	3650	NO	24.9		24.9	7.5		7.5	186.8	11.29	2	S	65				2	3.18	1.97	2.4	24	65				NO	Cactus y arbustos		
10	A	16.08	MA	3655	NO	19.3		19.3	8.05		8.05	111.9	15.16	3	S	80				2	2.61	1.21	1.9	35	20				SI	Presencia de vegetación		
11	A	16.08	MA	3660	NO	4.3		4.3	4.2		4.2	18.06	35.48	7	S	60				2	2.44	1.83	2.27	25	10				NO	Cactus en parte superior		
12	M	16.08	MA	3665	285NO	14		14	9.2		9.2	128.8		2	S	95	2	63	30	2	1.97	1.42	1.55	10.5	100		30	70	SI			
13	M	16.08	MA	3670	285NO	8.55		8.55	3.8		3.8	32.5		5	20	S	100		95	2	2	1.4	1	1.1		100	20		80	NO	Muro deteriorado	
14	M	16.08	MA	3675	285NO	9.8		9.8	3.2		3.2	31.4		4	25	S	50		50		2	2.2	1.4	1.8	19	65		5	60	NO	Rocas grandes	
15	M	16.08	MA	3665	285NO	12.6		12.6	5.2		5.2	65.5		4	5	S	90		90		2	3.2	2.5	2.85		80			80	NO	Muro caído	
16	M	16.08	MA	3670	300NO	18.6		18.6	9		9	167.4		10	2	S	90		70	20	2	2.4	2	2.35	15	45		5	40	NO	Presencia de roca	
17	M	16.08	MA	3675	290NO	34		34	9.6		9.6	326.4		12	8	S	80		60	20	2	3.1	1.45	2.6	17	90	15	25	50	SI	Muro caído en un 5%	
18	M	16.08	MA	3630	305NO	15.2		15.2	7.2		7.2	109.4		5	1	S	90		60	30	2	2.2	1.4	2.05	20	10			10	SI	Roca caída del muro	
19	M	16.08	MA	3625	285NO	26.7		26.7	5.9		5.9	157.5		12	2	S	90		20	70	2	2.05	0.9	1.45	19	60			60	SI	Dos senderos de ingreso	
20	M	16.08	MA	3620	295NO	37.4		37.4	5.95		5.95	222.5		3	3	S	90		80	10	2	3.2	1.1	1.8	14	60			60	SI	Roca en media terraza	
21	M	16.08	MA	3615	295NO	25.2		25.2	7.7		7.7	194		0		S	72		70	2	2		1.8	3.3	30	40			40	NO	Presencia de Budleja sp.	
22	M	16.08	MA	3610	315NO	12		12	3.6		3.6	43.2		12	15	S	70		70		2		1.1	2.2		70			70	NO	Una parte da al barranco	
23	J	16.08	MA	3665	O	20		20	10.3		10.3	206		35	10	S	70	5	30	35	3	1.52	1.02	1.32	14	85		60	25	NO	Foto No. 1 y 2	
24	J	16.08	MA	3670	O	25.2		25.2	5.3		5.3	133.6		25	10		60		50	10	3	1.4	1.04	1.3	21	95		60	35	NO	Muro muy destruido	
25	J	16.08	MA	3660	265NO	15.3		15.3	6.6		6.6	101		30	5	S	70	5	50	15	3	1.04	0.65	0.78	13	95			55	40	NO	Muro casi destruido
26	J	16.08	MA	3660	O	9.8		9.8	8.1		8.1	79.4		22	10	S	80		70	10	2	1.42	0.66	1.1	14	85	5	30	50	SI	Foto No. 3 del muro	
27	J	16.08	MA	3655	O	15		15	10.8		10.8	162		18	15	S	70		60	10	2	1.88	1.25	1.5	22	70		20	50	SI		
28	J	16.08	MA	3645	O	14.1		14.1	7.7		7.7	108.6		23		S	80		60	20	2	2.6	1.73	2.06	15	70		10	60	NO		
29	J	16.08	MA	3645	255NO	9.7		9.7	3.3		3.3	32		3	20	S	70		70		2	1.38	0.53	0.67	13	80		20	60	SI	Parcela muy pequeña	
30	J	16.08	MA	3643	O	18		18	3.6		3.6	64.8		10	20	S	80		70	10	2	1.37	1.37	1.37	20	80		10	70	SI		
31	J	16.08	MA	3640	285NO	9.05		9.05	3.8		3.8	34.4		8	30	S	80		20	60	3	2.5	0.85	1.33	14	70		20	50	NO		
32	J	16.08	MA	3635	240SO	15.3		15.3	2.15		2.15	33	6.67	10	S	70		70		2	1.5	0.88	1.25	14	80			10	70	NO		
33	J	16.08	MA	3635	320NO	11.5		11.5	4.85		4.85	55.8	13.33	15	S	100	10	50	40	3	1.85	1.3	1.4	9	85	5	20	60	NO			
34	J	16.08	MA	3630		21.7		21.7	6.5		6.5	141.1	0.5	5	S	90		80	10	3	2.14	1.45	1.91	15	65	5	10	50	NO			
35	S	16.08	MA	3550	SO	22.2		22.2	5.5		5.5	122.1	2.3	1	S	90		80	10	2	2.3	1.61	2.08	18	68	5	3	60	SI	Muro muy deteriorado		
36	S	16.08	MA	3550	O	9.91		9.91	5		5	49.6		10	2.5	S	91	1	75	15	2	1.93	1.2	1.3	20	80		20	60	NO	Muro muy deteriorado	
37	S	16.08	MA	3550	O	10.2		10.2	6.66		6.66	67.9	4.6	2	S	81	1	50	30	3	2.24	1.24	1.9	8	65	5	10	50	NO	Muro muy deteriorado		
38	S	16.08	MA	3550	O	16		16	7.33		7.33	117.3	2.3	2	S	80		20	60	2	1.9	1.29	1.85	30	80			10	70	NO	Muro muy deteriorado	
39	S	16.08	MA	3550	O	18		18	5.7		5.7	102.6		13	2	S	70	2.5	60	7.5	3	1.77	1.26	1.67	24	90		30	60	NO	Camino atraviesa el muro	
40	S	16.08	MA	3550	SO	17.1		17.1	4.55		4.55	11.8	10.7	3	S	93	3	70	20	3	1.85	1.15	1.74	14	100		40	60	SI	Muro derrumbado		
41	S	16.08	MA	3550	SO	29.3		29.3	7.55		7.55	221.2		13	2	S	70		60	10	2	2.4	1.3	2	20	80		20	60	NO	Muro entero	
42	S	16.08	MA	3550	NO	17		17	9.3		9.3	158.1	3.8	1	S	90		70	20	2	2.72	1.35	1.56	11	65		5	60	NO	Muro caído, derrumbado		
43	S	16.08	MA	3550	O	30		30	5.47		5.47	164.1	1.9	2	S	81	1	60	20	2	1.62	0.95	1.52	12	82		2	60	SI			
44	S	16.08	MA	3550	O	19.1		19.1	9.9		9.9	189.1	16.1	3	S	82	2	60	20	2	10	2.5	2.7	19	70		10	60	NO			
45	S	16.08	MA	3550	O	14.2		14.2	8.4		8.4	119.3	7.6	1	S	85	5	30	60	3	2.4	1.4	1.7	20	70		20	50	NO	Muy deteriorado		

46	S	16.08	MA	3550	O	18.9		18.9	9.1		9.1	172	1.5	3	S	100	20	30	50	3	1.92	1.1	1.8	15	70		10	60	NO	En buen estado	
47	S	16.08	MA	3550	SO	24.3		24.26	10.3		10.3	249.9	3.8	2	S	80	10	30	40	2	1.9	1.1	1.8	25	85	5	20	60	NO		
48	C	16.08	MA	3550	308NO	17.7		17.7	8.4		8.4	148.7	7	5	S	100		95	5	2	1.74	0.85	1.7	15	80		70	10	NO		
49	C	16.08	MA	3550	345NO	26.3		26.25	13.5		13.5	354.4	5.9	5	S	90		85	5	2	2.1	1.2	1.45	18	82	2	5	75	SI	Una parte esta derrumbado	
50	C	16.08	MA	3550	310NO	17		16.97	5.5		5.5	93.34	4.8	5	S	87		85	2	2	1.7	1.24	1.6	12.5	97	2		95	NO		
51	C	16.08	MA	3550	315NO	17.6		17.55	7.3		7.3	128.1	18.9	0	S	90		90		2	1.35	1	1.18	14.8	85	5		80	NO		
52	C	16.08	MA	3550	335NO	31.9		31.9	6.1		6.1	194.6	20.4	12	S	80	1	79		1	1.1	0.86	0.98	13	11	10	1		NO	90% del muro destruido	
53	C	16.08	MA	3550	30NE	14.2		14.2	10.4		10.4	147.7	3	5	S	75	10	60	5	1	1.9	0.54	1.2	18	75	60	10	5	NO	Cambia la pendiente	
54	C	16.08	MA	3550	10NE	12.4		12.4	9.5		9.5	117.8	14.4	5	S	75	15	50	10	1	1.35	0.75	1.05	20	70	40	10	20	NO		
55	C	16.08	MA	3550	310NO	17.4		17.4	8.25		8.25	143.6	7.4	1	S	85	15	45	25	1			1.5	25	100	60		40	NO	Muto totalmente cubierto	
56	C	16.08	MA	3550	210SO	13.5		13.5	11.5		11.5	155.3	22.2	2	S	100		80	20	2	1.9	1	1.45	11	80	10		70	NO		
57	C	16.08	MA	3550	20NE	13.6		13.6	3.6		3.6	49	19.26	5	S	80	10	50	20	1			1						NO	No existe el 95% del muro	
58	C	16.08	MA	3550	20NO	19.4		19.4	3.4		3.4	66	7.4	5	S	65	10	50	5	1	1.85	1.2	1.5	13	47	40	2	5	NO	50% del muro no existe	
59	C	16.08	MA	3550	EN	24.1		24.1	6.2		6.2	149.2	17.78		S	55	15	20	20	1	1.65	1.1	1.3	11	35	20	5	10	NO	Muro destruido en un 40%	
60	P	16.08	MA	3700	O	12.4		12.4	5.6		5.6	69.4	2.5			70		*	*	2	2.05	0.9	1.5	1.5	60		*	*	SI	En descanso, sólo 1 roca	
61	P	16.08	MA	3700	O	16.9		16.9	7.4		7.4	125.1	23		R	90		80	10	2	1.72	1.04	1.6	20	80		40	40	SI	10% del muro con piedra	
62	P	16.08	MA	3680	O	13		13	6.25		6.25	81.3	31		R	95		60	35	2	1.5	1.37		40	85	5	50	30	SI	70% pared destruida	
63	P	16.08	MA	3755	O	12		12	6		6	72	40			100	13	62	25	2	1.6	1.3	1.54						SI		
64	P	16.08	MA	3680	O	6		6	5.7		5.7	34.2	34			70	1	40	29	2	1.45	1.1			60	25	5	30	SI		
65	P	16.08	MA		O	18.7		18.7	10		10	187	68			96	1	65	30	2	1.64	1.57		35	80		20	60	SI		
66	P	16.08	MA	3650	N-NO	8.3		8.3	7.9		7.9	65.6	50			70	5	30	35	2	1.9	0.9		65	95	15	30	50	SI	3 caminos los cruzan	
67	P	16.08	MA		O	12.6		12.6	8.05		8.05	101.4	41	40		80	10	30	40	2	1.87	1.47		10.25	91	1	50	40	SI	Muro casi destruido	
68	P	16.08	MA		N-NO	5.3		5.3	3		3	15.9	6	20		90	30	60		2	1.75	0.6		20	60	40		20	NO		
69	P	16.08	MA		O	15.6		15.6	3.35		3.35	52.26	20	40		95	2	73	20	2	2.17	1.9		25-60	65		25	40	SI	40% del muro destruido	
SUB TOTAL								18.8			7	122	15.2	7.9	S	83	7.4	59	22	2				19.6	72	17.4	21.2	51		25 muros con curvatura	
70	C	17.08	PA	3375	320NO	13		13	12		12	156	28	2	R	30				3	1	1	1	20-30	5				5	SI	Terreno rotulado c/maleza
71	C	17.08	PA	3375	335NO	19		19	6		6	114	26	2	R	0				3	2	2	2	15-20	40				40	SI	10% de muro de piedra
72	C	17.08	PA	3375	340NO	16		16	11.7		11.7	187.2	30	0	R	0				3	1.2	0.9	1.1	20-50	40				40	SI	Muro semi destruido
73	C	17.08	PA	3375	325NO	14.3		14.3	6.7		6.7	95.81	25		R	0				3	1.9	1.9	1.9	15-40	20				20	SI	Terreno sin cultivo (limpio)
74	C	17.08	PA	3375	325NO	15		15	12.3		12.3	184.5	24	0	R	30				3	3.1	1.6	2.7	30-60	15				15	SI	Terreno con maleza
75	C	17.08	PA	3375	320NO	14		14	7		7	98	25	0	R	1			1	3	3	1.3	1.7	30-70	0					SI	Terreno limpio y rotulado
76	C	17.08	PA	3375	340NO	13		13	7.7		7.7	100.1	24	1	R	0				3	2.7	1	1.5	20-30	10				10	SI	Terreno sin cultivo (limpio)
77	C	17.08	PA	3375	O	19.8		19.8	6.6		6.6	130.7	10	1	R	80		80		3	1.4	1.1	1.2	20-30	40				40	SI	Terreno con maleza
78	C	17.08	PA	3375	O	10.4		10.4	6.2		6.2	64.48	15	0	R	50		50		3	1.5	1.2	1.3	10.4	50				50	SI	Suelo y terreno rotulado
79	C	17.08	PA	3375	O	18.5		18.5	11.6		11.6	214.6	23	0	R	95		95		3	1.4	1	1.1	20-60	5				5	SI	Suelo rotulado
80	C	17.08	PA	3375	280NO	19.7		19.7	9		9	177.3	25	0	R	100		50		1	1	1	1		90				90	SI	Cobertura vegetal 50% alfalfa
81	C	17.08	PA	3375	O	16		16	8.7		8.7	139.2	20	0	R	100		50		1	1	1	1	10.3	80				80	SI	Cobertura vegetal 50% malezas
82	C	17.08	PA	3375	O	15.7		15.7	6.2		6.2	97.3	25		R	100		50		1	1.5	1.5	1.5							NO	Cobertura vegetal 50% malezas
83	C	17.08	PA		SO	10.7		10.7	3.7		3.7	39.6	15	5	R	80		80		2	1.6	1.2	1.5		70		70			NO	No existe muro de piedra
84	C	17.08	PA	3375	NO	8.7		8.7	4.7		4.7	40.9	13	5	R	80		80		2	1.3	1.3	1.3	20-30	100				100	NO	60% del muro destruido
85	M	17.08	PA	3450	255SO	13.5		13.5	4.6		4.6	62.1	2	1	S	2			2	2	3.5	2.5	3.2	20	90				90	NO	Muro derrumbado
86	M	17.08	PA	3450	285NO	20		20	5		5	100	4	1	S	3			3	2	4	1.2	2.3	22	95				95	NO	Muro está en dos niveles
87	M	17.08	PA	3445	255SO	33.8		33.75	6.5		6.5	219.4	5	2		15			15	2	7.1	1.3	5.2	18	80				80	SI	40% formado de piedras
88	M	17.08	PA	3440	250SO	39.7		39.7	6		6	238.2	8	2.5		25			25	2	4.5	1.3	3.8	19	80				80	NO	Muro derrumbado
89	M	17.08	PA	3435	250SO	30		30	4.85		4.85	145.5	2	2	S	90		30	60	3	3.4	1.9	3.1	16	70				70	NO	50% de muro de piedra
90	M	17.08	PA	3430	240SO	25.8		25.8	3.3		3.3	85.1	1	2.5	S	85		70	15	2	2.35	1	2.2	22	80				80	SI	90% del muro es de piedra
91	M	17.08	PA	3425	240SO	15.6		15.6	3.9		3.9	60.8	3	2	S	40			40	2	2.8	1.1	2.2		25				25	NO	Muro derrumbado
92	M	17.08	PA	3425	245SO	31		31	4.7		4.7	145.7	8	4	S	65		20	45	3	2.5	1.9	2	25	40				40	SI	
93	M	17.08	PA	3420	255SO	25.5		25.5	9.7		9.7	247.4	9	10	S	15			15	2					95				95	NO	Muro de tierra (barranco)
94	M	17.08	PA																												

97	M	17.08	PA	3410	250SO	14		14	2		2	28	1	10	S	85		10	75	3	2.6	1.3	2.2	23	60			60	NO	Todo el muro es de piedra
98	M	17.08	PA	3405	265SO	20		20	7.6		7.6	152	1		S	35		5	30	2	4.5	1.5	3.8		60			60	NO	Muro de tierra
99	M	17.08	PA	3408	280NO	18		18	4		4	72	1		S	100		70	30	2	3	1.3	2.4	24	30			30	NO	Muro en 2 niveles
100	M	17.08	PA	3402	285NO	10.2		10.2	5.7		5.7	58.1	4			30			30	2	3.6	2.8	3.2	19	50			50	SI	Roca al centro de andén
101	M	17.08	PA	3398	285NO	19		19	3.36		3.36	63.8	2	0.5		15			15	2	3.1	1.8	2.9	26	40			40	NO	Muro de piedra conservado
102	M	17.08	PA	3400	270O	16.4		16.4	2.9		2.9	47.6	4	10	S	75			75	2	3	2.3	2.8	17	80			80	NO	20% del muro es de piedra
103	J	17.08	PA	3425	NO300	15		15	14.6		14.6	219	56	5		80		50	30	2	2.02	1.25	1.54	16	85	5	60	20	NO	15% de pendiente es 27%
104	J	17.08	PA	3425	NO290	15.1		15.1	13		13	185	50			80	5	70	5	2	2.15	1.46	1.85		80	10	40	30	NO	Muro muy destruido
105	J	17.08	PA	3420	NO295	10.4		10.4	6.55		6.55	68.1	40	10		93	3	80	10	3	1.45	0.91	1.22	17	40		30	10	NO	Muro con piedras grandes
106	J	17.08	PA	3420	NO300	15.4		15.4	14.4		14.35	221	15	15		75	20	50	5	2	3.1	1.53	1.81		85	5	50	30	NO	Muro con mucha tierra
107	J	17.08	PA	3422	NO290	24.8		24.8	16.3		16.3	404.2	13.5	10		70	10	50	10	2	2.6	1.53	1.81		91	1	20	70	NO	Afloraciones rocosas
108	J	17.08	PA	3415	NO295	10.4		10.4	4.25		4.25	44.2	10	15		90		70	20	2	1.2	0.57	0.8	12	80	40	25	15	NO	Muro con tierra y arbustos
109	J	17.08	PA	3410	NO325	44.3		44.3	19.6		19.6	868.3	43.3	10		90	5	70	15	2	3.6	2.1	1.45		80	5	60	15	NO	Afloraciones rocosas
110	J	17.08	PA	3408	NO320	14.6		14.6	2.55		2.55	37.2	8.3	8		90	5	78	7	2	1.73	1.07	1.3	13	75	5	30	40	NO	Muro con tierra
111	J	17.08	PA	3408	NO325	10.2		10.15	1.6		1.6	16.2	20			75		70	5	2	1.68	1	1.44		30		10	20	NO	Muro con tierra, derrumbe
112	J	17.08	PA	3400	NO315	13.5		13.5	11.8		11.8	159.3	45	5		70		10	60	2	2.02	1.44	1.63	20	63	3	40	20	NO	No está derrumbado
113	J	17.08	PA	3395	NO330	23.6		23.6	17		17	401.2	40	8		83	3	70	10	2	3.42	1.12	1.98	18	65	3	30	30	NO	Afloraciones rocosas
114	J	17.08	PA	3400	NO325	22.4		22.4	5.5		5.5	123.2	6	20		70		50	20	2	2.45	1.4	1.95	14	40		20	20	NO	Afloraciones rocosas
115	S	17.08	PA	3400	NO	21		21	4.8		4.8	100.8	8.4	2.5	S	30		30		2	1.66	1	1.16	26	28		8	20	SI	Presencia de eucaliptos
116	S	17.08	PA	3400	NO	10.2		10.2	9.24		9.24	94.3	9.2	0	S	35		30	5	2	1.9	1.8	1.85		70		20	50	NO	Muro con arbustos, ortiga
117	S	17.08	PA	3400	O	12.4		12.4	10		10	124	12.3	1		10		10		2	2.65	2	2.3	17	50		30	20	NO	Muro completo
118	S	17.08	PA	3400	NO	13.1		13.1	7.5		7.5	98.3	20	2	S	60		30	30	3	2.05	1.22	1.73	17	60		20	40	SI	Muro deteriorado, camino
119	S	17.08	PA	3400	O	15.2		15.2	13		13	197.6	7	0	S	60		50	10	2	4.49	1.2	3.5	20	60			60	NO	Mitad de muro deteriorado
120	S	17.08	PA	3400	SO	21		21	11		11	231	10	1	S	60		20	40	3		1.13		24	90			90	NO	Presencia de camino
121	S	17.08	PA	3400	NO	11.3		11.3	8.3		8.3	93.8	31	4	S	40		5	35	3			1.3	20.5	100			100	NO	Muro derrumbado
122	S	17.08	PA	3400	NO	36.2		36.2	5		5	181	10	4	S	60		20	40	2	2.5	1.2	1.7	25	80		10	70	SI	Muro limita con lindero
123	S	17.08	PA	3400	NO	21.3		21.3	13		13	276.9	23	1	S	40		30	10	2	2.3	1	2	24	85		5	80	NO	Límite con andenes
124	S	17.08	PA	3400	NO	13.9		13.9	6		6	83.4	20.5	0	S	70		10	60	3	4	2	3.3		100			100	NO	Andén bien deteriorado
125	S	17.08	PA	3300	N	9.57		9.57	6.1		6.1	58.4	5	1	S	25		20	5	3	1.6	1.21	1.3	22	30			30	NO	Muro entero
126	S	17.08	PA	3300	N	18.9		18.9	5.9		5.9	111.5	2	3	S	40		40		2	2.04	1.21	1.62	22	5			5	NO	Muro es el camino
127	S	17.08	PA	3400	N	29.2		29.15	5.6		5.6	163.2	13.5	3	S	30		20	10	2	1.6	1.1	1.4	17	20			20	SI	Muro es el camino
128	A	17.08	PA	3400	SO	22.2		22.2	5.9		5.9	131	36.1	5	S	80		*	*	2	3	1.55	1.97	30	90			90	NO	Muro destruido
129	A	17.08	PA	3400	SO	9.4		9.4	3.2		3.2	30.1	19.4	2	S	90		*	*	2	2.48	2.19	2.38	27	45	*	*	*	NO	
130	A	17.08	PA	3400	SO	14.2		14.2	3.1		3.1	44	14.2	4	S	75		*	*	2	2.67	2.1		20	30		*	*	NO	Muro derrumbado
131	A	17.08	PA	3400	SO	20.9		20.9	3.2		3.2	66.9	17.1	5	S	70		*	*	2	4.2	2.55	2.7		55		*	*	NO	Zona de pastoreo
132	A	17.08	PA	3400	SO	25.2		25.2	5.4		5.4	136.1	16.7	5	S	50		*	*	2	3.5	2.92	3		75		*	*	NO	Muro derribado
133	A	17.08	PA	3300	SO230	13.6		13.6	3.1		3.1	42.2	12.6	2	S	60		*	*	2	2.45	2.08	2.12		20	*		*	NO	No piedras visibles
134	A	17.08	PA	3300	SO260	14.6		14.6	5.2		5.2	75.9	37.4	5	S	60		*	*	2	1.87	1.5	1.55	22	40		*	*	SI	Presencia de musgo
135	A	17.08	PA	3300	NO280	31		31	4.3		4.3	133.3	25.8	10	S	60		*	*	2	3.5	1.7	3		90	*	*	*	NO	Andén no bien definido
136	A	17.08	PA	3300	270O	20.4		20.4	6.2		6.2	126.5	27.1	7	S	60		*	*	3			6.5		100		*	*	NO	Densa vegetación
137	A	17.08	PA	3300	SO240	14		14	6		6	84	14.2	1	S	98				1	5	3	4.1		100			100	NO	Muro con vegetación
138	A	17.08	SH	3300	E90	25.9		25.9	9.16		9.16	237.2	41.3	1	R	100				1			7.8		90			90	NO	Alfalfa con cobertura vegetal
139	A	17.08	SH	3300	E90	17.4		17.35	10.8		10.8	187.4	29	0.5	R	90				1	1.45	1.1	1.39	23	90		*	*	NO	Alfalfa con cobertura vegetal
140	A	17.08	SH	3300	NE80	12.6		12.6	8.7		8.7	109.6	37.1	1	R	90				1	1.88	1.42		20	85		*	*	SI	Alfalfa con cobertura vegetal
141	C	17.08	PA	3375	NO340	11.7		11.7	11.5		11.5	134.6	30		R	80	80			1	2.5	2	2.1		80			80	NO	No existe el muro de piedra
142	M	17.08	PA	3395	270O	15		15	2.7		2.7	40.5	1		S	2			2	2	4	1.7	3.1	19	70			70	NO	10% del muro caído
SUB TOTAL								18.4			7.2	136	17.6	4.2	S	57	16	46	24	2				22.6	61	8.8	30.4	51		22 muros con curvatura
143	H	19.08	LA	3140	SO230	37		37	10		10	370	15	30	R	90	3	27	60	2	3.1	1.5	2.2	20	80			*	NO	Sobre terraza fluvial
144	H	19.08	LA	3137	SO230	34		34	4.5		4.5</																			

149	H	19.08	LA	3128	SO220	49		49	22		22	1078	5	15	R	70	4	10	56	2		6	4.5	5.5	25	80	*		*	NO	Derrumbe
150	M	19.08	LA	3120	SE170	23		23	7.1		7.1	163.3	3	50	S	15	10		5	2		3.5	2.5	2.6	23	90	40		50	NO	7 derrumbes en el muro
151	M	19.08	LA	3118	SO190	21		21	11		11	231		2	S	15			15	2		2.8	1.9	2.6	21	40	10		30	NO	Derrumbado en 2 partes
152	M	19.08	LA	3115	S180	15.8		15.8	6		6	94.8	4	10	S	15	5		10	2		3.1	1.8	2.5	22	50	10		40	SI	1 derrumbe (10%)
153	M	19.08	LA	3117	SO215	10		10	6.1		6.1	61	5	20	S	10			10	3		5.9				10			10	SI	Muro de tierra, 10% piedra
154	M	19.08	LA	3118	SO200	12		12	6.4		6.4	76.8	2	40	S	12	2		10	2		2	0.8	1.5	20	20			20	NO	Muro derrumbado en 3
155	M	19.08	LA	3116	SE170	12.2		12.2	11		11	134.2	2	5	S	2			2	2		3.2	0.9	2.5	23						NO
156	M	19.08	LA	3115	SE170	13		13	4.2		4.2	54.6	3	25	S	31		25	6	2		6	1.5	4.2	21	80	10		70	NO	Muro en dos niveles
157	M	19.08	LA	3114	SO185	6.3		6.3	2.8		2.8	17.6	3		S	10	5		5	2		2.4	1	2.2	20	80	60		20	NO	Derrumbe en un 50%
158	M	19.08	LA	3112	SO185	13		13	7		7	91	1	10	S	5			5	2		3.4	0.7	1.6	23	45	5		40	NO	4 derrumbes en el muro
159	M	19.08	LA	3110	SE170	28.3		28.3	8.6		8.6	243.4	1	15	S	8			8	2		3.9	1.25	3.8	21	80	10		70	NO	
160	M	19.08	LA	3108	SE170	10		10	8		8	80	1	5	S	13	8		5	2		3.4	1.8	2.5	20	70	60		10	NO	Muro de rocas grandes
161	M	19.08	LA	3108	SE170	22		22	6.5		6.5	143	2.5	3	S	3			3	2		3.8	1.3	2.1	32	20	5		15	NO	
162	M	19.08	LA	3112	SO210	31		31	7.3		7.3	226.3	1	5	S	5			5	2		4	1.5	3.7	23	35			35	NO	4 derrumbes en el muro
163	M	19.08	LA	3110	SO185	7.7		7.7	6.9		6.9	53.13	1	3	S	2			2	2		2.1	1.2	1.8	19	30	10		20	NO	1 derrumbe
164	M	19.08	LA	3109	SE150	7		7	6.75		6.75	47.3	1.5	10	S	15	10		5	2		2.5	1.7	2.1	33	70	40		30	NO	4 derrumbes (15%)
165	M	19.08	LA	3115	SE170	21		21	8.2		8.2	172.2	2	5	S	15	5		10	2		4.3	0.8	2	30	70	20		50	NO	Muro formado roca madre
166	C	19.08	LA	3130	SE125	11.7		11.7	10.7		10.7	1225	5		S	85	30	45	10	3		1.5	1.1	1.4	20-30	20	10	10		NO	Muro en buen estado
167	C	19.08	LA	3130	SE155	22.3		22.3	18.5		18.5	412.6	6	5	S	85	45	25	15	3		3	2.6	2.8	20-30	75	5		70	NO	3 derrumbes
168	C	19.08	LA	3130	SO190	22		22	20		20	440	2		S	85	25	50	10	3		2.7	0.4	2.2	20-30	85		5	80	NO	Muro en un 50% destruido
169	C	19.08	LA	3130	S180	23		23	13.2		13.2	303.6	2	5	S	85	30	25	30	3		1.1	0.5	0.8	15-20	70	20		50	NO	Muro en un 50% destruido
170	C	19.08	LA	3130	SO195	18.1		18.1	9.9		9.9	179.2	1		S	80	10	50	20	3		1.7	0.8	1.2	15-20	55	5	5	45	NO	Muro en un 40% destruido
171	C	19.08	LA	3130	SO245	18.7		18.7	6.7		6.7	125.3	2		S	90	15	55	20	3		2	1	1.5	10.15	80			80	NO	Muro en un 30% destruido
172	C	19.08	LA	3130	SO220	19.1		19.1	14.5		14.5	277	1		S	90	25	55	10	3		1.1	0.7	1	15-20	85	5		80	NO	Muro en un 15% destruido
173	C	19.08	LA	3130	SO215	19.4		19.4	8.8		8.8	170.7	5	5	S	90	15	45	30	3		2.3	0.8	2.1	15-25	85	5		80	NO	Muro en un 15% destruido
174	C	19.08	LA	3130	SO245	16.4		16.4	15		15	246	2		S	95	20	35	40	3		2.8	1.8	2.5	20-30	75	15		60	NO	Muro en un 90% destruido
175	C	19.08	LA	3130	SO250	22.1		22.1	8.5		8.5	187.9	6	20	S	75	10	15	50	3		2.2	1.7	1.8	15-20	25	5		20	NO	Muro en un 15% destruido
176	C	19.08	LA	3130	SO230	18.7		18.7	9		9	168.3	1	20	S	65	10	30	25	3				2.5		100	10		90	NO	Totalmente destruido
177	C	19.08	LA	3130	SO240	13		13	11		11	143	10	30	S	65	15	30	20	3		2.5	2.1	1.8		70		10	60	NO	Muro destruido
178	C	19.08	LA	3130	SO255	15.8		15.8	7.8		7.8	123.2	5	40	S	50	10	15	25	3		3.3	2.7	3		80	10		70	NO	Muro en un 80% destruido
179	C	19.08	LA	3130	SO210	15.5		15.5	9.6		9.6	148.8	2	10	S	40	5	15	20	3				2.5	25-35	85	30		55	NO	
180	C	19.08	LA	3130	SO225	16		16	12.1		12.1	193.6	5	2	S	80	15	35	30	3		4.7	1.8	2		75	15		60	NO	Totalmente destruido
181	C	19.08	LA	3130	SO250	14.5		14.5	7		7	101.5	4	20	S	65	40	15	10	3		4.5	3.4	4		95	90		5	NO	Muro cubierto
182	A	19.08	LA	3130	SE150	24		24	10		10	240	6.77	0.5	R	95		95		2		2.7	1.6	2.08	20	95			95	NO	Andén para pastoreo
183	A	19.08	LA	3130	SE150	12.2		12.2	9.7		9.7	118.3	13.87	1	R	95		95		2		1.3	0.84	97	22	95		95		NO	Andén para pastoreo
184	A	19.08	LA	3130	SE160	20.8		20.8	17.6		17.6	366.1	6.5	0.5	R	100		100		2		3	1.64	2	25	70		*	*	NO	Andén para pastoreo
185	A	19.08	LA	3130	SE140	31		31	30		30	930		1	R	100		*	*	2		3	1	2.45	28	30		*	*	NO	Andén para pastoreo
186	A	19.08	LA	3130	SE135	20.5		20.5	18.4		18.4	377.2	4.84	15	R	100		*	*	2		3	1.1	2.35		70	*	*	*	NO	Exceso de cobertura vegetal
187	A	19.08	LA	3130	SE120	22.2		22.2	22		22	488.4	15.16	10	R	100		*	*	2				2.32	30	60		*	*	NO	Andén para pastoreo
188	A	19.08	LA	3130	SE150	32		32	14.4		14.4	460.8	7.74	10	R	100		*	*	2		1.54	0.66	1.1		100		*	*	NO	Andén para pastoreo
189	A	19.08	LA	3130	SE170	28		28	13.2		13.2	369.6	18.71	2	R	100		*	*	2				1.94		90		*	*	NO	Andén para pastoreo
190	A	19.08	LA	3130	SE160	25.5		25.5	7.2		7.2	183.6	14.52	7	R	100		*	*	2		2.57	1.2	1.5	26	100			100	NO	
191	A	19.08	LA	3130	SE140	19.3		19.3	17.2		17.2	332	10	10	R	100		*	*	2		1.4	0.8	0.96	40	50	*		*	NO	Andén para pastoreo
192	A	19.08	LA	3130	SE120	21.4		21.4	12.2		12.2	261.1	8.06	3	R	100		100		2		2.7	0.94	1.28	25	50	*		*	NO	
193	A	19.08	LA	3130	SE120	14.4		14.4	13.9		13.9	200.2	5.81																		

203	S	19.08	LA	3120	SO	4.4		4.4	5.25		5.25	23.1	0	5	S	50	20	5	25	3	1.15	0.6	1.12		100	40	20	40	NO	Muro en un 30% derrumbado
204	S	19.08	LA	3125	SO	14.4		14.4	4.7		4.7	67.7	2.5	3	S	40	25		15	3	2.35	1.3	1.8	15	50	10		40	NO	Muro en parte derrumbado
205	S	19.08	LA	3125	SO	19.8		19.76	4.45		4.45	87.9	2	6	S	65	30	15	20	3	2.65	1.4	2	18					NO	Una parte en buen estado
206	S	19.08	LA	3120	SO	22		22	9.83		9.83	216.3	1	3	S	80	10	10	60	3	3.2	1.1	2.2	16	65	15		50	NO	Muro derrumbado
207	S	19.08	LA	3120	S	13.1		13.11	10		10	131.1	3	1	S	65	10	5	50	3	3.3	0.8	2.9	22	40			40	NO	Muro derrumbado
208	S	19.08	LA	3120	O	15.9		15.9	7.6		7.6	120.8	1	2	S	50	10	10	30	3	1.47	0.7	1.3	24	65	5		60	NO	Muro derrumbado
209	S	19.08	LA	3120	O			6.2			6.2		1	2	S	35		5	30	2					70	10		60	NO	Muro derrumbado
210	S	19.08	LA	3120	SO	41		41	8.5		8.5	348.5	0	4	S	50	10	10	30	3	2.5	1.8	2.4	23	100			100	NO	No existe muro
211	S	19.08	LA	3120	O	12.5		12.5	15.6		15.6	195	0.5	2	S	60	10		50	3										Muro destruido y cubierto
212	S	19.08	LA	3120	SO	19		19	10.5		10.5	199.5	1	4	S	20	5		15	3					100			100	NO	Muro destruido
213	J	19.08	LA	3130	SE110	26.4		26.4	5.7		5.7	150.5	16.67	5	R	95		90	5	2	2.72	1.98	2.3	14	90		20	70	NO	3 derrumbes
214	J	19.08	LA	3125	SE150	23.8		23.8	11.6		11.6	276.1	10	15	R	88	3	70	15	2	4.2	3	3.8	20	90		20	70	NO	3 derrumbes, afloramiento
215	J	19.08	LA	3120	SE160	22.6		22.6	7.4		7.4	167.2	23.33	20		80		20	60	3				16	60	5	5	50	NO	1 pequeño derrumbe
216	J	19.08	LA	3124	SE135	9.1		9.1	4		4	36.4	10	30		90	5	80	5	2	1.55	1.15	1.35	15	25		10	15	NO	Afloramiento rocoso
217	J	19.08	LA	3122	SE135	15		15	2.5		2.5	37.5	1.5	5		70		70		3	2.6	1.25	1.5	16	75	15	20	40	NO	Gran derrumbe de tierra
218	J	19.08	LA	3117	SE120	22		22	7.6		7.6	167.2	3.5	20		85		80	5	2	2.7	2.25	2.5	18	40	5	20	15	NO	Afloramiento rocoso
219	J	19.08	LA	3115	SE160	18		18	15		15	270	8.33	10		90		50	40	2	2.85	1.4	1.8	20	33	3	10	20	NO	4 derrumbes
220	J	19.08	LA	3110	SE145	14.7		14.7	14		14	205.8	16.67	15		90		80	10	2	3.5	2.6	3	18	90	10	20	60	NO	
221	J	19.08	LA	3110	SE155	33.3		33.3	15.6		15.6	519.5	8.33	20	R	90	5	80	5	2	2.2	1.6	1.9	27	80		20	60	NO	2 derrumbes de tierra
222	J	19.08	LA	3105	SE130	15.3		15.3	5.5		5.5	84.2	10	15		87	5	80	2	2	1.45	1.3	1.35	18	85	5	50	30	NO	Varios derrumbes de tierra
223	J	19.08	LA	3105	SE130	13.9		13.9	8.5		8.5	118.2	3.5	10	R	95		95		2	1.55	1.05	1.4	20	80		20	60		
224	J	19.08	LA	3105	SE145	0.7		0.7	10.6		10.6	145.2	3.5	10		98		95	3	2	1.7	1.15	1.25	20	90		20	70		1 pequeño derrumbe
225	J	19.08	LA	3105	SE155	23		23	14.3		14.3	328.9	3	15	R	95		80	15	2	1.45	1	1.25	18	45		15	30		Afloramiento rocoso
226	J	19.08	LA	3107	SO190	12.5		12.5	7.2		7.2	90	7.5	5		90		80	10	3	1.3	1.05	1.15	30	15			15		Muro bien conservado
227	C	19.08	LA	3130	SE165	16.2		16.2	11.9		11.9	192.8	1	5	S	85	20	30	35	3	3.2	2.7	3	23-30	90	10		80	NO	Muro en un 40% destruido
228	C	19.08	LA	3130	SO190	15.1		15.1	13		13	196.3	7	20	S	60	5	15	40	3	3.5	2.8	3.2	15-20	95	5		90	NO	Muro en un 20% destruido
229	C	19.08	LA	3130	SE135	16.2		16.2	9.3		9.3	150.7	15	30	S	45	25	10	10	3	3.2	2	2.7	15-20	85	80		5	NO	Muro en buen estado
230	C	19.08	LA	3130	S180	20.2		20.2	10.3		10.3	208.1	1		S	80	20	35	25	3	2	1.7	1.8	30-40	85	5		80	NO	
231	A	19.08	LA	3130	SE150	24		24	13.9		13.9	333.6	13.55	3	R	95	*	*		2	3.4	1.85	2	25	90	*	*		NO	Andén para pastoreo
232	H	7.09	LA	3650	SO	55		55	6.6		6.6	363	26	5	R	100		100		2	2	1.5	1.8	15	60		20	40	NO	Muro reparado, fotos 8 y 9
233	H	7.09	LA	3640	S185	29.5		29.5	9		9	265.5	22		R	100				1	1.85	1.6	1.7	15-20	20		15	5	NO	Muro reparado, fotos 10 y 11
SUB TOTAL								21.3			10.9	244	6.1	11	S	67	17	27	22	2				22.5	67	18.1	20.5	51		3 muros con curvatura
TOTAL								19.5			8.37	167	13	7.8	S	69	14	44	23	2				21.6	66	14.8	24	51		50 muros con curvatura

EQUIPO	COBERTURA VEGETAL	GRADO DE ABANDONO	LUGAR	USO
A: Alicia M: Morado C: Carlos S: Sandra	J: Cajamarca P: Hildegardo H: Moshe *: Presencia	1 : Trabajado 2 : Semiabandonado 3 : Abandono total	MA : Marcahuasi PA : Pairataca LA : Laraos	S : Secano R : Riego

Cuadro 2. Resumen de la información de campo

Nº	Equipo	Fecha	Lugar	Altitud (msnm)	Expos.	PLATAFORMA DEL ANDÉN											MURO										OBSERVACIONES			
						Largo (m)			Ancho (m)			Area m2	Pend %	Ped %	Uso	Cobertura vegetal				Grado Aban	Altura (m)			Diam Pd (cm)	Cobertura vegetal				Curv	
						M	m	prom	M	m	prom					Total	%	p(%)	a(%)		Max	min	med		Total	c (%)		p (%)		a (%)
69	Marcahuasi	Subtotal						18,8			7,00	121,8	15,2	7,9	S	82,7	7,4	59,0	22,2					19,6	71,6	17,4	21,2	50,9		25 muros con curvatura
73	Pairataca	Subtotal						18,4			7,20	135,8	17,6	4,2	S	56,5	6,4	45,5	23,7					22,6	60,6	8,8	30,4	51,3		22 muros con curvatura
91	Laraos	Subtotal						21,3			10,9	243,9	6,1	11,4	S	67,1	7,4	27,3	22,3					22,5	66,8	18,1	20,5	50,6		3 muros con curvatura
Total								19,5			8,37	167,2	13,0	7,8	S	68,8	13,7	44,0	22,7					21,6	66,3	14,8	24,0	50,9		50 muros con curvatura

5. Bibliografía extensiva sobre andenes en los Andes Centrales

 Elías Mujica

Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN),
Lima, Perú.

e.mujica@cgiar.com

 Manuel Aguirre-Morales

Arqueología para el Desarrollo (ARDES), Lima, Perú

ayaviri@yahoo.com

 Moshe Inbar

Departamento de Geografía, Universidad de Haifa, Israel

inbar@geo.haifa.ac.il

 Luisa Riveros

Consultora en Forestería e Información Forestal, Pucallpa, Perú

lurito@hotmail.com

 Carlos A. Llerena

Departamento de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

callerena@lamolina.edu.pe

Bibliografía extensiva sobre andenes en los Andes Centrales

- ABANTO, C. 2000. Evaluación socioeconómica de la rehabilitación del canal de Quishuarpata, comunidad de Chamana, distrito de Ollantaytambo. Reporte Interno Cusichaca Trust (CT), Andahuaylas.
- ALFARO, J. 1984. Condiciones históricas del desarrollo de la andenería en el Perú. En: Forum Nacional de Tecnología Andina y Organización Comunal para el Desarrollo Regional Andino. IIDSA, Puno.
- . 1985. Andenería y desarrollo agrario. *Los Caminos del Laberinto* 2. Ediciones El Laberinto, Lima.
- . 1986a. Conservación de suelos y desarrollo rural en los Andes Peruanos. En: Andenería, Conservación de Suelos y Desarrollo Rural en los Andes Peruanos, Portocarrero, J. M. (ed.), pp. 53-153. Fundación Friedrich Ebert. Ministerio de Agricultura. Ministerio de Vivienda y Naturaleza. Ciencia y Tecnología Local (NTCL), Lima
- . 1986b. Condicionamientos sociales de la conservación de suelos en el Perú. En: Perú: El Problema Agrario en Debate, Gómez, V., B. Revesz, E. Grillo y R. Montoya (eds.). *Sepia I*, pp. 335-362. Seminario Permanente de Investigación Agraria (SEPIA), Lima.
- . y A. CÁRDENAS 1988 Manejo de cuencas: Hacia una nueva estrategia del desarrollo rural en el Perú, Fundación Friedrich Ebert, Lima.
- ANGLES, F. 1987. Sistema tecnológico andino en q'ocha y organización campesina. Tesis de Licenciatura en Sociología. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- ALLIENDE, P., V. CASTRO y R. GAJARDO. 1991. Paniri: un ejemplo de tecnología agrohidráulica. En: Actas del XII Congreso Nacional de Arqueología Chilena, H. Niemeyer (ed.), Vol. 2, pp. 123-127. Sociedad Chilena de Arqueología, Temuco.
- ALTIERI, M. 1996. Enfoque agroecológico para el desarrollo de sistemas de producción sostenibles en los Andes. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED), Lima.
- ARANA, E. 1985. Programa nacional de reconstrucción de andenes. Ministerio de Vivienda y Construcción. NCTL. Fundación Friedrich Ebert.
- . 1986. El transecto Catahuasi - Tupe: Zonas de producción, sistemas agropecuarios y control comunal. *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos* 15 (1-2): 53-83, Lima.
- ARAUJO, H. 1985. Programa nacional de reconstrucción de Andenes. Ministerio de Vivienda y Construcción - NCTL - Fundación Friedrich Ebert, 9 pp.

BIBLIOGRAFÍA

- . 1986a. Civilización andina: acondicionamiento territorial y agricultura prehispánica. Hacia una revaloración de su tecnología. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 277-300. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Lima.
- . 1986b. Hacia una política nacional de rehabilitación de andenes. En: Andenería, Conservación de Suelos y Desarrollo Rural en los Andes Peruanos. Portocarrero, J. M. (ed.), pp. 13-24. Fundación Friedrich Ebert. Ministerio de Agricultura. Ministerio de Vivienda y Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NTCL), Lima.
- . 1990. Civilización andina: Acondicionamiento territorial y agricultura prehispánica. Hacia una revaloración de su tecnología. En: Tecnología Andina: Una introducción. Earls, J., E. Grillo, H. Araujo y J. Van Kessel, (eds.) pp. 87-141, La Paz.
- ARCE, M. 1987. Los Waru-warú: al rescate de la tecnología tradicional andina. *Acción Rural* 4 (10): 16-19.
- ARCE, A. y C. ABANTO. 2000. Evaluación socioeconómica de la restauración del canal de irrigación de Pumamarca, Comunidad Campesina de Ollantaytambo. Reporte Interno Cusichaca Trust (CT), Andahuaylas
- ARDISSONE, R. 1944. Andenes en la cuenca del torrente de Las Trancas. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* 4: 93-109.
- ARLEDGE, J. 1980. Soil conservation at work: Guatemala's small farmer project. *Journal of Soil and Water Conservation* 34 (4): 187-189.
- . 1988. Demonstration and extension of soil and water conservation principles in Latin America. En: Conservation Farming on Steep Lands. Moldenhauer, W.C. y N. W. Hudson (eds.), pp. 166-171, Soil and Water Conservation Society, World Association of Soil and Water Conservation, Ankeny, Iowa.
- ARROYO M, P. 1974. Estudio del complejo arqueológico de Moray como fuente de enseñanza-aprendizaje de la historia y experimentación agrícola. Tesis Educación, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).
- ASHBY, J. A. y D. PACHICO. 1987. Agricultural ecology of the Mid-Mountains of Nepal. En: Comparative Farming Systems. Turner II, B.L. y S. B. Brush (eds.). The Guilford press.
- ATHENS, J. S. 1980. El proceso evolutivo en las sociedades complejas y la ocupación del período tardío: Cara en los Andes Septentrionales del Ecuador. Instituto Otavaleño de Antropología, Otavalo.
- AUFRERE, L. 1927. Les rideaux et les accidents topographiques similaires (chos d'Auvegne-terrasses du Kau-son). *Bulletin de l'Association de Géographes Français*. 17: 49-52.
- . 1929. Les rideaux, étude topographique. *Annales de Géographie*. 38 (216): 529-560.
- ÁVILA, F. De. 1966 [1598?]. Dioses y hombres de Huarochirí. Narración quechua recogida por Francisco de Avila. Traducción de José María Arguedas. IEP, Lima.
- BALLAIS, J. L. 1990. Terrasses de culture et jessours du Maghreb oriental. *Méditerranée*. 71(3-4): 51-53.
- BARBER, R. G. y A. C. VAN EIJSBERGEN. 1981. A proposed model to predict the development of level bench terraces from steep backslope terraces. *Journal of Agricultural Engineering Research* N° 26: 271-276.
- BARRIGA, C. 1994. Bases para el manejo de la cuenca del río Rímac. Tesis Ing. Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, 139 pp.
- BEACH, T. y N. P. DUNNING. 1995. Ancient Maya terracing and modern conservation in the Peten rain forest of Guatemala. *Journal of Soil and Water Conservation* 50 (2): 138-145.

- BEASLEY, R. P. 1974. Erosion and sediment control. The Iowa State University. Ames, Iowa.
- BENAVIDES, M. A. 1970. Two traditional Andean peasant communities under the stress of market penetration: Yanque and Madrigal in the Colca Valley, Perú. Tesis Mg. Sc. Instituto de Estudios Latino Americanos, University of Texas, Austin.
- . 1986. Introduction: Ethnohistorical research for the terrace abandonment project Colca Valley. En: The Cultural Ecology, Archeology and History of Terracing and Terrace Abandonment in the Colca Valley fo Southern Peru. Technical Report to the National Science Foundation and the Natural Geographic Society. Vol. 1, pp. 386-389.
- . 1986a. Cambios en la tenencia y el uso de tierras desde el siglo XVI hasta el presente en el valle del Colca (Caylloma, Arequipa)) Denevan, W. M., K. Mathewson y G. Knapp (eds.), pp. 129-145.
- . 1986b. Análisis del uso de tierras registrado en las visitas de los siglos XVI y XVII a la provincia de Yanquecollaguas (Arequipa). En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 259-275. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- .1995. Cambios en el paisaje agroecológico de la provincia de Collaguas: un análisis de documentos en los archivos de Arequipa, Perú. *Revista Archivo Arzobispal de Arequipa* 2: 15-46.
- .1997. Las batallas de Chachayllo: la lucha por el agua de riego en el valle del Colca (Arequipa, Perú). En: Congreso Latino Americano de Geógrafos, Arequipa.
- BENCHERIFA, A. 1983. Land use and equilibrium of mountain ecosystems in the High Atlas of Western Morocco. *Mountain Research and Development* 3 (3): 273-279.
- BENFER, R. A., G. H. WEIR y B. OJEDA. s. f. Early water management technology on the Peruvian coast. En: Arid Land Use Strategies and Risk Management in the Andes: A Regional Anthropological Perspective. Browman.D.L. (ed.), pp. 195-206. Boulder. Westview Press.
- BENNETT, W. y J. BIRD. 1949. Andean Culture History. American Museum of Natural History, *Handbook* 15, New York.
- BERGKAMP, G., L. H. CAMMERAAT y J. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ. 1996 Water movement and vegetation patterns on shrubland and an abandoned field in two desertification–threatened areas in Spain. *Earth Surface Processes and Landforms* 21: 1073-1090.
- BERRY, L. y J. TOWNSHEAD. 1972 Soil conservation policies in the semi-arid regions of Tanzania, a historical perspective. *Geografiska Annaler* 54 A (3-4): 241-253.
- BILLARD, A. et al. .1993. Landsliding and land use in the loess of Gansu Province, China. *Zeitschrift fuer Geomorphologie, Supplementband* 87: 117-131.
- BIRD, J. 1954. Paracas fabrics and Nazca needlework. The Textile Museum, Washington.
- BLAIKIE, P. y H. BROOKFIELD. 1987 Land Degradation and Society. Methuen, London and New York.
- BLANC, J. F. 1981. Deux paysages en terrasses de l'Ardèche. *Revue de Géographie de Lyon* 56(4): 391-409.
- . 1984a. Paysages et paysans des terrasses de l'Ardèche. Annonay. 321 pp.
- . 1984b. Le paysage des cultures en terrasses dans le Département de l'Ardèche. En : Mélanges Offerts en Hommage à François Gay, pp. 191-212. Nice.

BIBLIOGRAFÍA

- BLANCHEMANCHE, P. 1986. Les terrasses de culture des régions méditerranéennes–Terrassement, épirrement et derivation des eaux en agriculture-XVII-XIX siècles. *Memorie de Doctorat de 3 cycle en Ethnologie*. 275 pp., Paris.
- BOCCO, G. 1991. Traditional knowledge for soil conservation in Central Mexico. *Journal of Soil and Water Conservation* 46(5): 346-348.
- BONAVÍA D. 1967 - 1968. Investigaciones arqueológicas en el Mantaro medio. *Revista del Museo Nacional* 35: 211-294.
- . 1974. Terrazas de cultivo. *Revista Epsa* 3: 30-36.
- . y R. MATOS. 1987. La recuperación de los terrenos agrícolas: ¿Realidad o utopía? En: Seminario sobre Tecnologías Tradicionales. Primera Reunión Manejo de Suelos y Agua en la Sociedad Andina (Cieneguilla). Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales (FOMCIENCIAS), Lima.
- . y G. PETERSEN. 1972. Agricultura y minería precolombinas. En: Pueblos y Culturas de la Sierra Central del Perú. 148 pp. Cerro de Pasco Corporation, Lima.
- . y R. RAVINES. 1967. Las fronteras ecológicas de la civilización andina. *Amaru* 2: 61-69.
- BOROWSKI, O. 1979. Agriculture in iron age Israel. Ph. D. Thesis. University of Michigan.
- BOURLAUD, J. y O. DOLLFUS. 1986. Una investigación sobre políticas y sistemas agrarios: contexto y presentación. *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos* 15 (1-2): 2-24, Lima.
- BOUYASSE, T., P. MORLON; P. MOURGUIART y D. WIRRMANN. 1992. Agricultura, sociedad y medio natural en la cuenca del Titicaca: tres mil años de relaciones. En: Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos (La Paz), Morales, D. y J. J. Vacher (eds.), pp. 383- 388. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA). L'Institute Francaise de Recherche Scientifique pour le Developpement en Cooperation (ORSTOM). Centro Internacional de Investigación y Desarrollo (CIID-Canadá), La Paz.
- BRACK, A. 1987. Ecología de un país complejo. En: Gran Geografía del Perú, Vol. 2, Naturaleza y Hombre. Flora-Ecología, MANFER, Mejía, B. J. (ed.), pp. 175- 319, Barcelona.
- BRADFORD, J. 1956. Fieldwork on aerial discoveries in Attica and Rhodes. *The Antiquaries Journal*. Vol. 36, pp. 57-69, 172-180.
- BRASS, L. J. 1941. Stone age agriculture in New Guinea. *The Geographical Review* 31 (4): 555-569.
- BRAY, W.; L. HERRERA; M. C. SCHRIMPF; P. BOTERO y J. G. MONSALVE. 1987. The ancient agricultural landscape of Calima, Columbia. En: Pre-Hispanic Agricultural Fields, in the Andean Region, British Archaeological Reports, Denevan, W.M., K. Mathewson y Knapp, G. (eds.), pp. 443- 481. *International Series No. 359(ii)*, Oxford.
- BRINKMEIER, D. 1985. A plan for disseminating information about traditional agriculture to indigenous farmers, Department of Puno, Perú. Tesis M.A., Journalism and Mass Communications, Iowa State University, Ames.
- BROADBENT, S. A. 1964. Agricultural terraces in Chibche territory, Colombia. *American Antiquity* 29: 501-504.
- BROOKFIELD, H. C. 1972. Intensification and disintensification in Pacific agriculture: A theoretical approach. *Pacific Viewpoint* 13: 30-48.
- . 1984. Intensification revisited. *Pacific Viewpoint* 25:15-44.

- BROOKS, K. N., P. FFOLLIOTT, M. GREGERSEN y L. De BANO, 1997 Hydrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press, Ames, 502 pp.
- BROOKS, S. 1992. Agricultural bench terraces pre-Hispanic adaptation to drought in the Colca Valley, Peru. En: Meeting of the Association of American Geographers, San Diego, CA.
- . 1994. Origins of irrigated terraces in the Colca Valley, Peru. En: Meeting of the Association of American Geographers, San Francisco, CA.
- . 1998. The origins of terraces in the Peruvian Andes. En: Meeting of the Association of American Geographers, Boston, MA.
- . 1998a. Prehistoric agricultural terraces in the río Japo basin, Colca Valley, Perú. Tesis Ph. D. Geografía, University of Wisconsin, Madison, 510 pp.
- BROWN, L.R. 1984. Conserving Soils. Brown, L.R. (ed.). State of the World. Norton, pp. 53-75, New York.
- BROWMAN, D. L. s/f. Pastoral nomadism in the Andes. *Current Anthropology* 15: 188-196.
- BRUECKNER, H. 1990. Changes in the Mediterranean ecosystem during antiquity. A geomorphological approach as seen in two examples. En: Man's Role in Shaping of the Eastern Mediterranean Landscape. Bottema, S, G. Entjes-Nieborg y W. Van Zeist (eds.), pp. 127-137.
- . y G. HOFFMANN. 1992. Human-induced erosion processes in Mediterranean countries. *Geoeokoplus*. Vol. 3, pp. 97-110.
- BRUIJNZEEL, L. y W. R. S. CRITCHLEY. 1996. A new approach towards the quantification of runoff and eroded sediment from bench terraces in humid tropical steepplands and its application in South-Central Java, Indonesia. En: Advances in Hillslope Processes Vol. 2, Anderson G. y S. M. Brooks (eds.), pp. 921-937. John Wiley and Sons Ltd.
- BRUINS, H. J. 1986. Desert environment and agriculture in the Central Negev and Kadesh-Barnea during historical times. Midbar Foundation. Nijkerk, Holanda.
- BRUN, J. P. 1990. Des terrasses de culture massaliotes sur l'île de Porquerolles. *Méditerranée*. 71(3-4):13-15.
- BRUNET, M. 1990. Terrasses de cultures antiques: l'exemple de Délos, Cyclades. *Méditerranée*. 71(3-4): 5-11.
- BRUNSCHWIG, G.. 1986. Sistemas de producción de laderas de altura. *Boletín del Instituto Francés de Estudios Andinos* 15 (1-2): 27-52.
- . 1992. L'agriculture et l'élevage dans l'économie de la famille paysanne: identité andine et diversités régionales. La haute vallée du Cañete: la lande et la puna. En: Comprende L'agriculture Paysanne Dans Les Andes Centrales: Pérou-Bolivia. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). 522 p., París.
- BRUSH, S. B. 1975. The concept of carrying capacity for systems of shifting cultivation. *American Anthropologist* 77: 799-811.
- . 1977. Farming the edge of the Andes. *Natural History*. 86(5): 32-41.
- . s/f. Man's use of an Andean ecosystem. *Human Ecology* 4: 147-166.
- . y D. W. GUILLET. 1985. Small-scale agropastoral production in the Central Andes. *Mountain Research and Development* 5:19-30.

BIBLIOGRAFÍA

- . y B. L. TURNER II. 1987. The nature of farming systems and views of their change. En: Comparative Farming Systems. Turner, B.L. II y Brush, S.B.(eds.), pp. 11-48. Guilford Press New York.
- BRYAN, R. B. 1979. Soil Erosion and Conservation. En: Man and Environmental Processes. A Physycal Geography Perspective. Gregory K. J. y D. E. Walling (eds.), pp. 207-221. Dawson Westview Press.
- BUCHTA, H. G., D. BROBERG y F. LIGGETT. 1966. Flat channel terraces. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 9: 571-573.
- BUNKER, S. G. y L. J. SELIGMANN. 1986. Organización social y visión ecológica de un sistema de riego andino. *Allpanchis* 27: 149-178.
- BUNYARD, P. 1980. Terraced agriculture in the Middle East. *The Ecologist*. 10: 312-316.
- CAINE, N. y K. MOOL. 1982. Landslides in the Kolpu Khola drainage, Middle Mountains, Nepal. *Mountain Research and Development*. 2(2):157-173.
- CALVO, A., J. M. GISBERT, E. PALAU y M. ROMERO. 1988. Un simulador de lluvia portátil de fácil construcción. En: Métodos y Técnicas para la Medición en el Campo de Procesos Geomorfológicos. Sala, M. y F.Gallart (eds.). Monografía No. 1., 102 pp. Sociedad Española de Geomorfología, Barcelona.
- CAMINO, A. 1977. Aboriginal agriculture at high altitude: An ethno-botanical research in the Peruvian Andes. A research proposal for Doctoral Dissertation in Anthropology.
- . 1978a. Monocultivo y policultivo en las montañas tropicales: El distrito de Cuyo Cuyo. En: Actas del Primer Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos (Ayacucho), pp. 44-51.
- . 1978b. Un estudio preliminar del sistema tradicional de rotación de cultivos en los andenes: el caso de Cuyo Cuyo (Sandia, Puno). En: Actas del Primer Seminario Nacional sobre Tecnologías Adecuadas (Ayacucho), pp. 63-68. Instituto de Estudios Andinos (IEP).
- . 1982. Tiempo y espacio en la estrategia de subsistencia andina: un caso en las vertientes orientales sud-peruanas. En: El Hombre y su Ambiente en los Andes Centrales. *Senri Ethnological Studies* 10: 11-38. National Museum of Ethnology, Osaka.
- . 1983. Agricultura tradicional en los Andes y la Amazonía: una visión comparativa y el factor tiempo en la diversificación de los sistemas agrícolas. En: Evolución y Tecnología de la Agricultura Andina. Fries, A. M. (ed.), pp. 31-38. PISCA-IICA/CIID. Instituto Indigenista Interamericano, Cusco.
- . 1992. Andean farming systems: Farmer's strategies and responses. En: Sustainable Mountain Agriculture. N. S. Jodha, M. Banskota y Tej Partap (eds.), pp. 517-537, New Delhi. Oxford / IBH Publishing Co.
- CAMPBELL, B. J. 1987 Introduction to Remote Sensing. The Guilford Press, New York, 551 pp.
- CANAHUA, A. 1978. Los andenes en el altiplano de Puno. En: Actas del Primer Congreso Internacional de Cultivos Andinos (Ayacucho). Tapia, M. y M. Villarroel (eds.). *Serie Reuniones, Congreso* 178: 162-165. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSH). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) – OEA.
- CANDLER, K. L. y C. L. ERICKSON. 1987. Raised fields in the Lake Titicaca Basin: The indigenous community and agricultural expansion. En: Annual Meeting of the Society for Applied Anthropology, Oaxaca.
- CANZIANI, J. 1993. Patrones de asentamiento en la arqueología del valle de Chíncha, Perú. En: II Curso de Prehistoria de América Hispana, pp. 87-123. Cátedra de Prehistoria de la Universidad de Murcia en el Quinto Centenario de la Región de Murcia. Dirección General de Educación y Universidad de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.

- . 1995. Las lomas de Atiquipa: Arqueología y problemas de desarrollo regional. *Gaceta Arqueológica Andina* 7 (24): 113-133.
- . 1997. Las lomas de Atiquipa. Transformaciones territoriales y patrones de asentamiento prehispánicos. *Arkinka* 2 (17): 98-110.
- . y C. DEL ÁGUILA. 1994. Sistemas agrícolas de la época Paracas en el valle de Chíncha. En: Perú, el Problema Agrario en Debate. Dancourt, O., E. Mayer y C. Monge (eds.). *Sepia V*, pp. 613-636. Seminario Permanente de Investigación Agraria. Universidad Nacional de San Agustín (UNSA). Centro de Apoyo y Promoción del Desarrollo Agrario, Lima.
- . y E. MUJICA. 1997. Atiquipa: un caso prehispánico de manejo sustentable en ecología de lomas. En: Perú. El problema Agrario en Debate. Gonzales de Olarte, E., B. Revesz y M. Tapia (eds.). *Sepia VI*, pp. 503-526. Seminario Permanente de Investigación Agraria (SEPIA), Lima.
- CARBONERO, M. A. 1984a. Terrasses per al cultiu irrigat i distribució social de l'aigua a Banyanbufar. *Documents d'Anàlisi Geogràfica* 4: 31-68.
- . 1984b. L'origen i morfologia de les terrasses de cultiu a Mallorca. *Bolletí de la Societat Arqueològica Lulliana* 40: 91-100.
- CARDICH, A. 1985. Cultivation in the Andes. Grant 2047 *National Geographic Society Research Reports* Vol. 20: 85-100.
- . 1987. Native agriculture in the highlands of the Peruvian Andes. *National Geographic Research* 3(1): 22-39
- . s/f. The fluctuating upper limits of cultivation in the Central Andes and their impact on Peruvian Prehistory. En: *Advances in World Archaeology*. Wendorf, F. y A. E. Close (eds.), Vol. 4, pp. 293-333. Academic Press, Nueva York.
- CASTEX, J. M. 1983. L'aménagement des pentes et des sols dans les Alpes-Maritimes et le Var. *Méditerranée* 63(1): 3-15.
- CASTRO, V. 1988. Terrazas agrícolas: una nueva tecnología para las nuevas generaciones. *Creces* 2:6-12.
- CEPAL. 1989. Estudio de factibilidad de un proyecto nacional de desarrollo en áreas de recuperación de andenes en el Perú. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, 58 pp. + anexos
- . 1988 Gestión para el desarrollo de cuencas de alta montaña en la Zona Andina, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Santiago, 187pp.
- . 1990. Informe del segundo Seminario-Taller de recuperación de andenes y otras tecnologías tradicionales: Problemas y soluciones, Lima, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 37 pp.
- CEPIA-CESA. 1986. Recuperación de terrazas de formación lenta. 13 p. *Tecnologías Andinas del Perú* N°. 8.
- CERDA-BOLINCHES, A. 1994a. The Response of Abandoned Terraces to Simulated Rain. En: *Conserving Soil Resources, European Perspectives*. Rickson, R. J. (ed.), CAB International, pp. 44-55.
- . 1994b. Arroyada superficial en terrazas de cultivo abandonadas. El caso del país valenciano. *Cuaderno de Geografía* (56): 135 – 154.
- CHAMBILLA, E. 1995 Prácticas mecánico estructurales para el control de la erosión en el sector de tratamiento de la comunidad de Ttio. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

BIBLIOGRAFÍA

- CHAMOCHUMBI, C. 1987. Inventario, evaluación y uso de andenes en la cuenca del río Lurín. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima.
- CHANG-NAVARRO L. 1986. Conservación de suelos y manejo de cuencas hidrográficas. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 181-193. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- CHAVARRÍA, J. 1999. Aplicación de imágenes RADAR multitemporales para el monitoreo de áreas agrícolas (zona de estudio: norte del altiplano boliviano). En: Simposio Final Globesar 2.- Aplicaciones de RADARSAT en América Latina, pp. 246-251, Buenos Aires.
- CHEPSTOW-LUSTY, A. K., K. BENNETT, R. SWITSUR y A. KENDALL. 1996. 4000 years of human impact and vegetation change at Marcacocha, Central Peruvian Andes. Parallel events from the Maya record. *Antiquity*, Oxford 70(270).
- CHILÓN, E. 1988. Uso racional de laderas, recuperación de andenes y otras medidas de conservación de suelos en la comunidad de San Pedro de Casta, Tesis Mg. Sc. Especialidad de Suelos, Escuela de Post-Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, 205 pp.
- CHISCI, G. 1986. Influence of change in land-use management in the acceleration of degradation phenomena in Apennines hilly areas. Soil erosion in the European Community. Impact of changing agriculture. Chisci, G. y R. P. C. Morgan (eds.), pp. 3-16.
- CIEZA DE LEÓN, P. De. 1987 [1550]. Crónica del Perú. Segunda parte. Edición, prólogo y notas de Francesca Cantú. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú y Academia Nacional de la Historia, Lima.
- . 1986 [1553] Crónica del Perú. Segunda parte. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima.
- CIP 1997 Manejo Integral de Microcuencas. Tapia, M. (ed.) Centro Internacional de la Papa, Lima. 205 pp.
- CLARK II, E. H., J. A. HAVERKAMP y W. CHAPMAN. 1985. Eroding soils: The off-farm impacts. The Conservation Foundation, Washington D. C.
- CLARKE, W. C. 1977. The structure of performance: The relevance of self-subsistence communities for World ecosystem management. En: Subsistence and Survival: Rural ecology in the Pacific. Bayliss-Smith, T. P. y R. G. Feacham (eds.), pp. 363-384. Academic Press, Londres.
- CLAVERÍAS, R. 1986. Tecnología andina y desarrollo autosustentado en el sur peruano. En: Perú, el Problema Agrario en Debate. Gómez, V., B. Revesz, E. Grillo y R. Montoya (eds.) *Sepia I*, pp. 243-274, Seminario Permanente de Investigación Agraria (SEPIA), Lima.
- , A. VILLEGAS, B. SALAS. y P. AGUILAR. 1986. Sistema de riego y estrategias productivas en las economías campesinas andinas. *Allpanchis Phuturinga* 27: 203-238.
- CLEMENT, C. O. y M. E. MOSELEY. 1989. Agricultural dynamics in the Andes. En: Ecology, Settlement and History in the Osmore Drainage, Peru. Rice, D. S., C. Stanish, y P.R. Scarr. (eds.) Oxford. *British Archaeological Reports, International Series* 545: 435-455.
- COBO, B. 1964 [1653]. Historia del nuevo mundo. *Biblioteca de autores Españoles*. Vol. 91, Madrid.
- COCK, G. 1977-78. Los kuracas de los collaguas: poder político y poder económico. *Historia y cultura* 10: 95-118, Lima.
- . 1982. The people of the Colca Valley: A population study. Boulder. Westview Press.

- CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN. 1984. Perú: Hechos y cifras demográficas. Ed. Universo, Lima.
- COOK, D. 1981. *Demographic Collapse: Indian Peru 1520-1620*. Cambridge University Press.
- COOK, O. F. 1916. Staircase farms of the ancients. *National Geographic Magazine* 29: 474-534, Washington, D.C.
- . 1920. Foot-plow agriculture in Peru. In: *Annual Report for 1918*, pp. 487-491. Smithsonian Institution, Washington, D.C.
- COOLMAN, B. 1985a. Informe técnico de la experiencia de rehabilitación de andenes en la comunidad aymara de Pusulaya, Puno. Instituto Indigenista Peruano, Lima.
- . 1985b. Informe final de la consultoría de la evaluación del sub-proyecto recuperación y desarrollo de andenes y terrazas. PIRR – Puno 1983-1985. Manuscrito. Lima.
- . 1986. Problemática de la recuperación de andenes: el caso de la comunidad de Pusulaya (Puno). En: *Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro*. De la Torre, C. y M. Burga, (eds.), pp. 217-224. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1987. Manejo de recursos naturales en el valle del Colca: Caso del pueblo de Maca. Deutsche Stiftung für Internationale Entwicklung. Instituto Nacional de Planificación (INP), Lima.
- CÓRDOVA, A. 1994. Evaluación de los recursos hídricos superficiales de la cuenca del río Santa Eulalia con fines de aprovechamiento agrícola. Tesis Ing. Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima. 81 pp.
- CÓRDOVA, H., L. G. ILIZARBE y C. TELLO. s/f. Agriculture in Coporaque. Denevan, W. M. (ed.), pp. 60-87.
- COSTELLO, J. y M. INBAR. 1998. Una aproximación al conocimiento de los andenes de cultivos de la localidad de Las Juntas, Dpto. Ambato. *Vientos del Norte, Sociedad, Medio ambiente y Territorio* 1 (1), Departamento de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional de Catamarca, Argentina.
- COTLER, A., H. 1986a. Inventario, evaluación y uso de andenes en la subcuenca del río Rímac. Lima, Perú. En: *Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, presente y futuro*. De la Torre, C. y M. Burga (eds), pp. 351-360. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1986b. Inventario, evaluación y uso de andenes en la sub-cuenca del río Rímac. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima. 71 pp.
- COTLIER, C. 1998. Análisis urbano y agrícola con imágenes RADARSAT de resolución fina. En: *Primer Simposio Globesar 2.- Las aplicaciones de RADARSAT en América Latina*, pp. 251-258, Cartagena.
- DE LA TORRE, C. y M. BURGA (eds). 1986. *Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima, 379 pp.
- DE LA VERA CRUZ, P. 1987. Cambio en los patrones de asentamiento y el uso y abandono de los andenes en Cabanaconde, valle del Colca, Perú. En: *Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region*. Denevan, W. M., K. Mathewson y G. Knapp (eds). *BAR International Series* 350(i): 89 – 128, Oxford.
- DE LA VERA, P. 1996. El papel de la sub región de los valles occidentales en la articulación entre los Andes centrales y los Andes centro sur. En: *La Integración Surandina Cinco Siglos Después*. Xavier *et al.* Albó (comps.), pp. 135-157. Centro de Estudios Regionales Bartolomé de las Casas, Cusco. Corporación Norte Grande Taller de Estudios Andinos. Universidad Católica del Norte de Antofagasta.
- DE OLARTE, E. J. 1984. La Situación Geográfica de la Región. En: *El Centro Peruano: Realidad Poblacional*, Adolph, J. B. (ed.), AMIDEP, Lima, 13-38.

BIBLIOGRAFÍA

- DE VRIES, J. 1986. Tecnología andina de conservación y manejo de suelos en el Cusco. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 153 – 169. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- DENEVAN, W. M. 1967. The aboriginal cultural geography of the Llanos de Mojos of Bolivia. *Ibero-Americana* 48: 84-96.
- . 1970. Aboriginal drained field cultivation in the Americas. *Science* 169: 647-654.
- . 1979. Typology of pre-Columbian agricultural landforms. Symposium on pre-Columbian intensive agriculture: New research and perspectives, XLIII International Congress of Americanists, Vancouver, Canada.
- . 1980. Tipología de configuraciones agrícolas prehispánicas. *América Indígena* 40: 619-652.
- . 1986. Abandono de terrazas en el Perú andino: extensión, causas y propuestas de restauración Lima, Perú. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 255-258. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1987. Terrace abandonment in the Colca Valley, Peru. En: Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region. W. M. Denevan, K. Mathewson, K. y G. Knapp (eds.). British Archaeological Reports. Oxford. *International Series*. 359(i): 1-43.
- . 1988. Measurement of abandoned terracing from air photos, Colca Valley, Perú. *Yearbook of the Conference of Latin Americanist Geographers* 14: 20-30.
- . 1989. The geography of fragile lands in Latin America. En: Fragile Lands of Latin America Strategies for Sustainable Development. Browder, J. O. (ed.), pp. 11-24. Boulder, Westview Press.
- . (editor). 1986a. The cultural ecology, archaeology and history of terrace abandonment in the Colca Valley of Southern Perú. Informe presentado a la National Science Foundation y National Geographic Society, Vols. 1 y 2, Madison.
- . y L. HARTWIG. 1986. Measurement of terrace abandonment in the Colca Valley. En: The Cultural Ecology, Archaeology and History of Terrace Abandonment in the Colca Valley of Southern Peru. Denevan, W. M. (ed.). National Science Foundation y National Geographic Society, Vols. 1 y 2, Madison.
- , K. MATHEWSON y G. KNAPP (editores). 1987. Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region. Oxford. British Archaeological Reports. *International Series* N° 359.
- , J. TREACY y J. SANDOR. 1986. Physical Geography of the Coporaque Region. Denevan, W. M. (ed.), pp. 47-59.
- DESCO – PROGRAMA DE DESARROLLO RURAL DEL VALLE DEL COLCA. 1985. Alpaqueros de Caylloma: problemas y alternativas. Comisión organizadora de criadores de alpacas de la provincia de Caylloma, Lima.
- DESPOIS, J. 1956. La culture en terrasses dans l'Afrique du Nord. *Annales Economies Sociétés Civilisations* 11: 42-50.
- . 1959. Pour une étude de la culture en terrasses dans les pays méditerranéens. *Géographie et Histoire Agraire. Annales de l'Est* 21: 105-117.
- . 1961. Note sur les cultures en terrasses de la Sardaigne. *Revue de Géographie de Lyon* 36: 7-10.
- DEUSTUA, J. 1978. Acceso a recursos en Yanque - Collaguas 1591: una experiencia estadística. En: Etnohistoria y Antropología Andina. Primera jornada del Museo Nacional de Historia. De Paredes, K., M. y A. Castelli (eds.), pp. 41-51. Museo Nacional de Historia, Comisión para Intercambio Educativo entre los Estados Unidos y el Perú.

- DÍAZ Z, C. y E. VELÁSQUEZ. 1992. Inventario de infraestructuras agrícolas andinas en Puno, Perú. En: Avances de Investigación sobre la Tecnología de Waru Waru. I. Infraestructura. Palao, J. B. (ed.), pp. 17-37. Programa Interinstitucional de Waru Waru. Convenio PELT/INADE - IC/COTESU.
- DICK, R. P., J. A. SANDOR y N. EASH. 1994. Soil enzyme activities after 1500 years of terrace agriculture in the Colca Valley, Perú. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 30: 123-131.
- DIETSCHY B, R. 1984. Aporte tradicional andino para la solución de problemas de irrigación: El caso específico del Altiplano. *Allpanchis Phuturinga* 24: 251-288. Instituto de Pastoral Andina, Cusco.
- . 1990. Respuestas altiplánicas a la escasez de agua. En: Agua, Visión Andina y Usos Campesinos, pp. 75-151, La Paz.
- DIEZ DE SAN MIGUEL, GARCÍ. 1964 [1567]. Visita hecha a la Provincia de Chucuito, por Garcí Diez de San Miguel en el año 1567 (ethnological commentary by Murra, J. V.). *Documentos Regionales para la Etnología y Etnohistoria Andinas* Vol. 1, pp. 1- 287. Casa de la Cultura del Perú, Lima.
- DOLLFUS, O. 1965. Les Andes Centrales du Pérou et leurs piémonts (entre Lima et le Péréné). Etude géomorphologique. Institut Français D'Etudes Andines, Perú.
- . 1981. El reto del espacio andino. Instituto de Estudios Peruanos (IEP). *Serie Perú Problema* N° 20, Lima.
- . 1982. Development of Land–Use Patterns in the Central Andes. *Mountain research and development* 2: 39-48.
- DONKIN, R. A. 1979. Agricultural Terracing in the Aboriginal New World. Viking Fund Publications in Anthropology N° 56, Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research. Tucson. University of Arizona Press. 196 pp.
- DOUROJEANNI, A. 1994. Políticas Públicas para el Desarrollo Sustentable: la Gestión Integral de Cuencas, CEPAL-INRENA, Lima, 222pp.
- . 2000 Tendencias actuales en la gestión del agua, CEPAL, Santiago, 21pp.
- DRUSS, M. 1987. Uncertainty in the Andes: Coastal environmental change and land use patterns. En: Arid Land use Strategies and Risk Management in the Andes. Browman, D. L. (ed.), pp. 251-269.
- EARLS, J. 1979. Astronomía y ecología: la sincronización alimenticia del maíz. *Allpanchis Phuturinga* 14: 117-135. Instituto de Pastoral Andina, Cusco.
- . 1986a. Evolución de la administración ecológica Inca. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 23-57. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1986b. Experimentación agrícola en el Perú precolombino y su factibilidad de reemplazo. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds), pp. 301-330. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1989. Planificación agrícola andina: bases para un manejo cibernético de sistemas de andenes. Ediciones COFIDE, Lima.
- . 1990. Problemas metodológicos en el estudio de la tecnología andina y sus fundamentos científicos. En: Tecnología Andina: Una Introducción. Earls, J. E. Grillo, H. Araujo y J. van Kessel (eds.), pp. 7-33. La Paz.

BIBLIOGRAFÍA

- . e I. SILVERBLATT. 1978. Investigaciones interdisciplinarias en Moray, Cusco. En: Etnohistoria y Antropología Andina, Lima. Primera Jornada del Museo Nacional de Historia. De Paredes Koth, M. y A. Castelli (comps.), pp. 117-122. Museo Nacional de Historia y Comisión para el Intercambio Educativo entre los Estados Unidos y el Perú.
- . 1981. Sobre la instrumentación de la cosmología inca en el sitio arqueológico de Moray. En: La Tecnología en el Mundo Andino. Runakunap kawsayninkupaq rurasqankunaqa. Tomo I. Subsistencia y Mensuración. Heather Lechtman, H. y A. M. Soldi (comps.), pp. 443-473. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)..
- EASH N, S. 1989. Natural and ancient agricultural soils in the Colca Valley, Peru. Thesis Mg. Sc. Iowa State University.
- ECKHOLM, E.P. 1975 The Deterioration of Mountain Environments. *Science* 189: 764-770.
- . 1976. Losing Ground, Norton and Co., New York.
- ENGEL, F.A. 1973. New facts about Pre-Columbian life in the Andean Lomas. *Current anthropology*. 14(3): 271-280.
- EPIPHANIO, J.; M. SIMOES, A. FORMAGGIO. 1998. Analysis of multitemporal RADARSAT data for agriculture monitoring. En: Primer Simposio Globesar 2.- Las aplicaciones de RADARSAT en América Latina, pp. 163-167, Cartagena.
- ERICKSON, C. L. 1982. La investigación de los sistemas prehispánicos intensivos agrícolas y la organización social en la hoya del lago Titicaca. Informe preliminar presentado al CIRBM del Instituto Nacional de Cultura (INC) del Perú.
- . 1983. Los Waru-warú de Huatta, Puno. *Gaceta Arqueológica Andina* 7: 4-5. Instituto Andino de Estudios Arqueológicos, Lima.
- . 1984. Waru-warú: una tecnología agrícola del altiplano pre-hispánico. *Boletín del Instituto de Estudios Aymaras* 2 (18): 5-37, Chucuito.
- . 1985. Applications of Prehistoric Andean Technology: Experiments in Raised Field Agriculture, Huatta, Lake Titicaca, 1981-82. En: Prehistoric Intensive Agriculture in the Tropics. Farrington, I. S. (ed.). British Archaeological Reports. *International Series* 232: 209-232, Oxford.
- . 1986a. Waru-warú: una tecnología agrícola del altiplano prehispánico. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds), pp. 59 – 84. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1986b. Agricultura en camellones en la cuenca del lago Titicaca: Aspectos técnicos y su futuro. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds), pp. 331 – 350. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1986c. Modelos prehispánicos para el desarrollo agrícola de los camellones de Illpa, Puno. En: Anales del V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. INIPA. UNA. CORPUNO, Puno.
- . 1986d. Experiencias en la arqueología aplicada, recuperación de los campos elevados en la comunidad campesina de Huata. En: Cuarto Congreso del Hombre y la Cultura Andina (Lima, Agosto de 1986).
- . 1987. The dating of raised-field agriculture in Lake Titicaca basin, Peru. En: Prehispanic Agricultural Fields in the Andean Region (Part 1). Denevan, W. M., K. Mathewson y G. Knapp, (eds.). British Archaeological Reports. *International Series* 359 (i): 373-384, Oxford.
- . 1988a. An archaeological investigation of raised field agriculture in the Lake Titicaca basin of Peru. Tesis Doctoral, Antropología, University of Illinois. Champaign-Urbana.

- . 1988b. Raised field agriculture in the Lake Titicaca basin: Putting ancient Agriculture back to work. *Expedition* 30 (3): 8-16. The University Museum. University of Pennsylvania, Philadelphia.
- . 1992. Prehistoric landscape management in the Andean Highlands: Raised fields agriculture and its environmental impact. Population and Environment. *A Journal of Interdisciplinary Studies* 13 (4): 285-300. Human Science Press, Inc.
- . 1996. Investigaciones arqueológicas del sistema agrícola de los camellones en la cuenca del Lago Titicaca, Perú. Programa Interinstitucional de Waru-warú (PIWA). Programa Especial Lago Titicaca (PELT), La Paz.
- . y D. A. BRINKMEIER. 1991. Raised field rehabilitation projects in the northern Lake Titicaca basin. Manuscrito.
- . y K. L. CANDLER. 1989. Raised fields and sustainable agriculture in the Lake Titicaca basin. En: *Fragile Lands of Latin America: Strategies for Sustainable Development*. Browder, J. (comp.), pp. 230-248. Boulder, Westview Press.
- ESTÉVEZ C, J. 1992. Pasto Grande: centro productivo Tiwanaku e Inka en las sub-yungas bolivianas. *Gaceta Arqueológica Andina* 21: 109 -137. Instituto Andino de Estudios Arqueológicos, Lima.
- FAO. 1977. Guidelines for Watershed Management. Conservation Guide 1. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 293 pp.
- . 1985. Watershed Management Field Manual. Vegetative and Soil Treatment Measures. Conservation Guide 13/1 (por Schiechtl, H. M., Consultor). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 59 pp.
- . 1986. Strategies, Approaches and Systems in Integrated Watershed Management. Conservation Guide 14. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 232 pp.
- . 1990. Conservación de suelos para los pequeños agricultores en las zonas tropicales húmedas. Boletín de Suelos N° 60 (por Sheng, T. D., Consultor). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- . 1995. Environmental Impact Assessment of Irrigation and Drainage Projects, Irrigation and Drainage Paper 53, ODA-FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 74pp.
- . 1999. Manejo de Suelos y Cultivos en Zonas de Ladera de América Central. Boletín de Suelos N° 76 (por Barber, R., Consultor). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 82 pp.
- . 2000. Manual de Prácticas Integradas de Manejo y Conservación de Suelos. Boletín de Suelos y Aguas N° 8. IITA-FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 220 pp.
- . 2000. Nuevos Conceptos y Enfoques para el Manejo de Suelos en los Trópicos, con Énfasis en Zonas de Ladera. Boletín de Suelos 75 (por Shaxson, F., Consultor). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 125 pp.
- . 2002. Land-Water Linkages in Rural Watersheds. Land and Water Bulletin 9. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 78 pp.
- FARRINGTON, I. 1980a. Un entendimiento de sistemas de riego prehistórico en el Perú. *América Indígena* 40: 691-711.
- . 1980b. The Archeology of Irrigation Canals, with special Reference to Peru. *World Archaeology* 11(3): 287-305.

BIBLIOGRAFÍA

- FEDERACIÓN PROVINCIAL DE RONDAS CAMPESINAS DE CAJAMARCA. 1989. Restos de Andenes. En: Manejo Campesino de Semillas en los Andes. Proyecto Piloto de Ecosistemas Andinos. PPEA - Proyecto andino de tecnologías campesinas (PRATEC), 14 pp., Lima.
- FEDICK, S. L. 1995. Indigenous Agriculture in the Americas. *Journal of Archaeological Research*.
- FELDMAN, R. A. 1990a. La Cerámica del Período Temprano de Moquegua. *Trabajos Arqueológicos en Moquegua, Perú*. 1: 227-235. Watanabe, L. K. , M.E. Moseley y F. Cabieses (comps). Programa Contisuyu del Museo Peruano de Ciencias de la Salud. Southern Peru Copper Corporation, Lima.
- . 1990b. Ocupaciones del período cerámico temprano en Moquegua. En: Arqueología de los Valles Occidentales del Area Centro-Sur Andina. E. Mujica, (comp.). *Gaceta Arqueológica Andina* 5 (18/19): 65-73. Instituto Andino de Estudios Arqueológicos, Lima.
- FELIPE-MORALES, C. 1987. La erosión de los andenes en zonas pobladas de altura. *Pensamiento Iberoamericano* 12: 97-108, Madrid.
- . 1993. Relaciones agua/suelo bajo condiciones del agroecosistema andino. En: El Agroecosistema Andino: Problemas, Limitaciones, Perspectivas, pp. 139-153. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima.
- . 1994. Pérdida de agua, suelo y nutrientes bajo diversos sistemas de cultivo y prácticas de conservación del suelo en zonas áridas, subhúmedas y muy húmedas en el Perú. En: Perú. El problema agrario en debate. Dancourt, O. E. Mayer y C. Monge (eds). *Sepia V*, pp. 637-656. Seminario Permanente de Investigación Agraria. Universidad Nacional de San Agustín (UNSA). Centro de Apoyo y Promoción del Desarrollo Agrario.
- . 1996. Propuesta metodológica para el monitoreo del estado actual de los suelos del Perú. Informe de consultoría para el Instituto CUANTO.
- , P. MORLON. y C. REYNEL. 1996. Las campiñas. En: Comprender la Agricultura Campesina en los Andes Centrales, Perú y Bolivia. Morlon, P. (comp. y coord.). Lima, Perú. *Travaux de l'Institut Fracise d'Etudes Andines* 96: 213-220. Instituto Francés de Estudios Andinos y Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas.
- FIELD, C. 1966. Reconnaissance of South Andean Agricultural Terracing. Tesis Doctoral, Geografía, University of California, Los Angeles.
- FIGALLO, C. 1997. Análisis digital de imágenes de satélite para la clasificación del bosque seco del nor-oeste peruano. Tesis Ing. Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, 119 pp.
- FINLAYSON, B. e I. STATHAM. 1980 Hillslope Analysis. Sources and Methods in Geography. Butterworths, Londres. 230 pp.
- FLORES, J. A 1987. Cultivation in the qochas of the South Andean puna. En: Arid Land use Strategies and Risk Management in the Andes. Browman, D. L. (ed.), pp. 271-314. Boulder: Westview Press.
- FLORES, J. y P. PAZ. 1983a. El cultivo en qocha en la puna sur andina. En: Evolución y Tecnología de la Agricultura Andina. Fries, A. (eda.), pp. 45-80. PISCA-IICA/CIID. Instituto Indigenista Interamericano, Cusco.
- . 1983b. La agricultura en lagunas del Altiplano. *Ñawpa Pacha* 21: 85-106. Berkeley. Institute of Andean Studies.
- . 1984. El cultivo en qocha en la puna sur andina. En: Contribuciones a los Estudios de los Andes Centrales. Masuda, S. (ed.), pp. 59-100. Universidad de Tokio, Tokio.

- . 1986. Agricultura en lagunas (qochas). En: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds), pp. 85 – 106. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1988. Agricultura de lagunas. En: Cultura y Tecnologías Alto Andinas Vol. 6. CORPUNO, Puno.
- FLORES, M. 1945. Las funciones de los andenes prehistóricos en el antiguo Perú. *Turismo* No. 114.
- FONSECA, C. 1983. El control comunal del agua en la cuenca del río Cañete. *Allpanchis* 19 (22): 61-73, Cusco.
- . 1986. Destrucción de andenes en las comunidades de la cuenca del río Cañete. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds), pp. 361-368. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . y E. MAYER. 1988. Comunidad y producción en la agricultura andina. Mayer, E. (comp.). Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales (FOMCIENCIAS), Lima.
- FORBES, J. 1965. Studies in ancient technology Vol. 2, 414 pp., Leiden.
- FRANCIS, C. F. 1990. Variaciones sucesionales y estacionales de vegetación en campos abandonados de la provincia de Murcia, España. *Ecología* 4: 35-47.
- GADE, D. W. 1975. Plants, man and the land in the Vilcanota Valley of Perú. *Biogeographica* N° 6, La Haya.
- . y M. ESCOBAR. 1982. Village settlement and the colonial legacy of Southern Perú. *Geographical Review* 72: 430-449.
- . y R. RÍOS. 1971. Chaquitacla: The native footplow and its persistence in Central Andean agriculture. *Tools and Tillage* 2: 3-15.
- GAMARRA L. y A. MALDONADO. 1978. El significado arqueológico, agrológico y geográfico de los andenes abandonados de Santa Inés y Chosica en el valle del Rímac. En: Tecnología Andina. IEP, Lima.
- GARAYCOCHEA, I. 1982. Destrucción y conservación de camellones en el Departamento de Puno. En: Tecnología y Desarrollo Social Andino, pp. 277-291. Ediciones IIDSA, Puno.
- . 1984. Huatta: al rescate de los camellones. *Hojas Escritas* 2: 44-46. Puno.
- . 1986a. Potencial agrícola de los camellones en el altiplano puneño. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro, De la Torre, C. y M. Burga (eds), pp. 241-251. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1986b. Rehabilitación de camellones en la comunidad campesina de Huatta, Puno. Tesis Ing. Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano (UNA), Puno.
- . 1986c. Los camellones y la recuperación de la frontera agrícola en el altiplano puneño. En: Anales del V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. INIPA. UNA. CORPUNO, Puno.
- . 1987a. Agricultural experiments in raised fields in the Lake Titicaca basin, Peru: Preliminary considerations. En: Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region (Part 1), Denevan, W.M., K. Mathewson y G. Knapp (eds.). *British Archaeological Reports*, International Series 359 (i): 385-398, Oxford.
- . 1987b. Los Waru-warú y el manejo de suelos. *Medio Ambiente* 22: 12-13. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA), Lima.

BIBLIOGRAFÍA

- , R. VALDIVIA, M. TAPIA y J. REINOSO. 1987. Informe final del Proyecto de Rehabilitación de Camellones. INIPA-CIID, CIPA XXI y CESPAC, Puno.
- GARCÍA, R. J. L. y J. C. JIMÉNEZ 2000 La Hidrología y los Procesos Erosivos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 50 pp. + anexos
- GARCÍA-RUIZ, J. M. 1989. Erosion processes in abandoned fields. A case study in central Spanish Pyrenees. *Geoöko*, plus 2. Darmstadt, pp.14.
- GARCÍA, H., N. VELÁSQUEZ y S. ENRÍQUEZ. 1990. Los andenes: limitaciones y posibilidades económicas. Caso distrito de Paucarcolla. Informe final de investigación. Escuela de Post Grado, Ingeniería Económica, Universidad Nacional del Altiplano (UNA), Puno.
- GARCILASO DE LA VEGA. 1600{1604}. Comentarios reales de los Incas. Biblioteca de Autores Españoles, Vol. 133, Madrid.
- GEIGER, R. 1980. The Climate Near the Ground, Harvard University Press, Londres, 611pp.
- GELLES, P. H. 1984. Agua, faenas y organización comunal San Pedro de Casta, Huarochirí. *Anthropológica* 2: 305-334. Departamento de Ciencias Sociales. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima.
- . 1986. Sociedades hidráulicas en los Andes: algunas perspectivas desde Huarochirí. *Allpanchis Phuturinga* 27: 99-147. Instituto de Pastoral Andina, Cusco.
- . 1990. Channels of power, fields of contention: The politics and ideology of intrigation in an Andean peasant community. Tesis Doctoral. Harvard University.
- . 1994. Channels of power, fields of contention: The politics of irrigation and land recovery in an Andean peasant community. En: Irrigation at High Altitudes: The Social Organization of Water Control Systems in the Andes. Mitchel W. P. y D. Guillet (eds.). *Society for Latin American Anthropology publications series* 12: 233 – 274.
- GILMORE, R. M. 1950. Fauna and ethnozoology of South America. *Bureau of American Ethnology Bulletin* 143 (6): 345-464, Washington.
- GOLAND, C. 1988. Pre-Hispanic occupation on the Eastern Andean escarpment: A preliminary report of the Cuyo Cuyo Archaeological Survey. University of North Carolina. *Working Paper* N° 1.
- . 1992. Cultivating diversity: Field scattering as agricultural risk management in Cuyo Cuyo, Department of Puno, Peru. University of North Carolina. *Working Paper* No. 4. from the research project Production Storage and Exchange in a Terraced Environment on the Eastern Andean Scarpment.
- . 1993. Field scattering as agricultural risk management: a case study for Cuyo Cuyo, Department of Puno, Peru. *Mountain Research and Development* 13 (4): 317-338.
- GONDARD, P. y F. LÓPEZ. 1983. Inventario arqueológico preliminar de los Andes septentrionales del Ecuador. Programa Nacional de Regionalización Agraria del Ministerio de Agricultura y Ganadería, ORSTOM, Quito.
- GONZALES DE OLARTE, E. 1987. Inflación y campesinado: comunidades y micro-regiones frente a la crisis, Lima.
- y B. KERVYN. 1987. La Lenta Modernización: Cambio Técnico en Comunidades Campesinas. En: La Lenta Modernización de la Economía Campesina. Análisis Económico 12, Instituto de Estudios Peruanos (IEP), Lima, 75 - 175.

- y C. TRIVELLI. 1999. Andenes y desarrollo sustentable. Instituto de Estudios Peruanos (IEP) - Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN). *Serie Estudios de la Sociedad Rural* N° 17, 219 pp., Lima.
- GONZÁLEZ, A. R. 1963. Cultural development in Northwestern Argentina. En: *Aboriginal Cultural Development in Latin America: An Interpretative Review*, Meggers, B.J. y C. Evans (eds.). *Smithsonian Miscellaneous Collections* 146: 103-118, Washington.
- . 1980. Arte precolombino de la Argentina, introducción a su historia cultural. Las culturas del NO argentino. Parte 8: 172-214. Argentina, Filmediciones Valero.
- GONZÁLEZ, E. y J. GÁLVEZ. 1987. Molinuyoq: Terrazas y reservorios en un pueblo prehispánico de Ayacucho. *Boletín de Lima* N° 53.
- GREEN, D. 1994. Algunas recomendaciones/notas preparadas para la restauración del canal superior de Pumamarca. Notas inéditas en inglés/español para el Cusicacha Trust.
- GRILLO, E. 1990. Rescate y sistematización de tecnologías andinas. En: *Tecnología Andina: Una Introducción*. Earls, J., E. Grillo, H. Araujo y J. van Kessel, pp. 35-86, La Paz.
- y RENGIFO, G. 1987. Agricultura y cultura en el Perú. En: *Seminario sobre Tecnologías Tradicionales de la Primera reunión Manejo de suelos y Agua en la Sociedad Andina (Cieneguilla)*. Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales (FOMCIENCIAS), Lima.
- GUAMÁN POMA DE AYALA, F. 1983 [1607?]. El primer nueva corónica y buen gobierno, Murra, J. V. y R. Adorno (eds.), 3 tomos. Siglo XXI. México.
- . 1993 [1607?]. El primer nueva crónica y buen gobierno. Edición y prólogo de Franklin Pease G.Y. Vocabulario y traducciones de Jan Szeminzki. 3 tomos. Fondo de Cultura Económica, México.
- GUILLET, D. W. 1976. The supra-household of production in the Andean peasant economy. *Actas del XLII Congreso Internacional de Americanistas*. Vol. 2, pp. 89 – 105, París.
- . 1981. Land tenure, ecological zone and agricultural regime in the Central Andes. *American Ethnologist* 8 (1): 139-156.
- . 1983. The cultural ecology of mountains. *Current Anthropology* 24 (5): 561-574.
- . 1985. Irrigation management spheres, systematic linkages and household production in Southern Peru. En: *Reunión anual de la American Anthropological Association*. Washington.
- . 1986a. Paleotecnologías hidráulicas en el altiplano peruano y su potencial económico. *América Indígena* 46(2): 331 – 348. Instituto Indigenista Interamericano, México.
- . 1986b. Agricultural intensification and desintensification in Lari, Colca Valley, Southern Peru. Isacc, B. (ed.). *Research in Economic Anthropology* N° 8.
- . 1987a. Terracing and irrigation in the Peruvian Highlands. *Current Anthropology* 28 (4): 409-430.
- . 1987b. Contemporary agricultural terracing in Lari, Colca Valley, Peru: Implications for theories of terrace abandonment and programs of terrace restoration. Oxford. En: *Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region*. Denevan, W.M., K. Mathewson y Knapp, G. (eds.). *British Archaeological Reports. International Series* No. 359(i): 193-206.

BIBLIOGRAFÍA

- . 1989. The struggle for autonomy: irrigation and power in highland Peru. En: Human System Ecology: Studies in the Integration of Political Economy, Adaptation, Socionatural Regions. Smith S. y E. Reeves (eds.), pp 41 – 57.
- . 1990. Andenes y riego en Lari, Valle del Colca. Centro de Apoyo y Promoción al Desarrollo Agrario (CAPRODA), Arequipa.
- . 1992. Covering Ground: Communal water management and the state in the Peruvian Highlands. Ann Arbor, Michigan University Press.
- GUTIÉRREZ, M. 1999. Programa computarizado para el cálculo de los elementos de diseño de terrazas de absorción, de formación lenta; y de zanjás de infiltración. Tesis Ing. Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, 58 pp. + anexos.
- GUTIÉRREZ, P. 1964 [1574]. Padrón de los mil indios ricos de la provincia de Chucuito. En: Diez De San Miguel [1567] 1964, pp. 305-306. Casa de la Cultura del Perú, Lima.
- . y J. RAMÍREZ. 1970 [1573]. Documentos sobre Chucuito. *Historia y Cultura* 4: 5-48. Museo Nacional de Historia, Lima.
- GUTIÉRREZ, R. 1979. Arquitectura del Altiplano Peruano. Resistencia, Departamento de Historia de la Arquitectura. Universidad Nacional del Nordeste.
- HARDEN, C. P. 1991 Andean Soil Erosion. *National Geographic Research & Exploration* 7(2): 216-231
- HASTORF, C. A. 1989. Prehistoric agricultural production in the central Andes: Los strategies. En: Food and farm: Current debates and policies. Gladwin, C. y K. Truman (eds.), pp. 117-133. University Press of America. Lanham.
- HAWKES, J.G. 1956. Taxonomic studies of the tuber-bearing Solanums, I. *Solanum tuberosum* and the tetraploid species complex. *Proceedings of the Linnean Society of London* 166: 97-144.
- . 1967. The History of the Potato. *Journal of the Royal Horticultural Society* 92: 207-224, 249-252, 288- 302, 364-365.
- HAWTIN, G. y N. MATEO. 1987. Farming on high. *IDRC Reports* 16 (1): 4-5
- HEISER, C. B., y D. C. NELSON. 1974. On the origin of the cultivated chenopodia (*Chenopodium*). *Genetics* 78: 503-505.
- HENDRICKS, J. 1986. Distribución de aguas en sistemas de riego: problemas y alternativas. *Allpanchis* 28: 185 – 210.
- HERNÁNDEZ, M. s/f. Abandono de una tecnología andina: el caso de los andenes. *Apuntes* 18: 153-158. Universidad del Pacífico (UP), Lima, Perú.
- HEWLETT, J. 1982. Principles of forest hydrology. University of Georgia Press, Athens, Georgia. 183 pp.
- HILLEL, D. 1982. Introduction to Soil Physics, Academic Press, N. York, 364pp.
- HO, C. R. 1991. Manual silvo-agropecuario del SESA (Servicio Silvo-Agropecuario). En: Prácticas Mecánico-Estructurales. Vol. 10. Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), Cajamarca.
- HOLMES, R. C. 1986. Irrigation in southern Peru: the Chili basin. Department of Geography. *Research paper* N° 212. University of Chicago, Chicago.

- HOSTNIG, R. 1987. Recuperación de andenes. Lima, Perú. *Medio Ambiente* 22: 14-15. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA), Lima.
- HUAMÁN, G. 1992. Rehabilitación y estudio del comportamiento hidráulico de los canales pre-hispánicos del valle del Cusicacha. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).
- HUAYCOCHEA, F. 1994. Qolcas, bancos de reserva andinos. Tesis Arqueología, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).
- HUDSON, N. 1982. Conservación del Suelo, Ed. Reverté S.A., Barcelona, 335 pp.
- HUNT, R. C. y E. HUNT. 1976. Canal irrigation and local social organization. *Current anthropology* 17: 389 – 411.
- HURT, D. 1987. Indian agriculture in America: Prehistory to the present. University of Kansas Press, Lawrence.
- IICA – UNSA. 1985. Diagnóstico agro-social-económico del distrito de Coporaque, valle del Colca. Arequipa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Universidad Nacional de San Agustín (PISCA Arequipa).
- IIDSA. 1982. Tecnología de andenes. Puno, Perú. *Informe No. 1*. Instituto de investigaciones para el Desarrollo Social del Altiplano.
- INADE. 1999. Plan de Manejo y Estudios de Factibilidad del Programa Ambiental de la Cuenca del Río Rímac (Resumen Ejecutivo), Instituto Nacional de Desarrollo, Ministerio de la Presidencia, Lima, 114pp.
- INBAR, M. 1992. Rates of fluvial erosion in basins with a Mediterranean type climate. *Catena* 19: 393-409.
- . y C. A. LLERENA. 1999. Sediment yield and erosion processes in Peruvian mountainous areas. Final Report Project TA-MOU-C12-006, Program US-Israel AID/CDR.
- . 2000. Erosion processes in high mountain agricultural terraces in Peru. *Mountain Research and Development* 20 (1): 72 – 79.
- INRENA. 1996. Informe técnico del estudio de inventario y evaluación de andenes. Ministerio de Agricultura, Lima.
- IPROGA. 1996. Metodología para la Elaboración de Planes Maestros de Cuencas, Instituto de Promoción para la Gestión del Agua, Lima, 78pp.
- ISELL, W. 1974. Ecología de la expansión de los quechua-hablantes. *Revista del Museo Nacional* 40: 139-155, Lima.
- ISELL, B. J. 1978. To defend ourselves: Ecology and ritual in an Andean village. University of Texas Press, Austin.
- IZAGUIRRE, L. s/f. Estudio del subsistema agrícola del distrito de Coporaque V. Tesis M. Sc. Escuela de Post Grado, Universidad Nacional Agraria (UNA), Lima.
- JACKSON, M. T., J. G. HAWKES y P. R. ROWE. 1980. An ethnobotanical field study of primitive potato varieties in Peru. *Euphytica* 29 (1): 107-113.
- JARQUE, F. 2001. L'Home i la pedra, Universitat de Valencia, 45 pp. + fotos.
- JATALA, P. y C. GARZÓN. 1987. Detection of the potato cyst nematode *Globodera pallida* in pre-colombian agricultural terraces of Peru. *Journal of Nematology* 19 (4): 532.
- JUARES, B. Y A. R. RICO. 1989. Mecánica de suelos. Ed. Limusa.

BIBLIOGRAFÍA

- KAUFFMAN, D. F. 1976 Manual de Arqueología Peruana, Ed. Inca S. A., Lima.
- KEATINGE, R. W. (ed.). 1988. Peruvian prehistory: an overview of pre-Inca and Inca society. Cambridge University Press, Cambridge.
- KEELEY, H. 1984. Soil studies in the Cusichaca Valley Peru. En: Current archaeological projects in the Central Andes. *BAR International Series* 210: 323-343, Oxford.
- . 1985. Soils of Pre-Hispanic Terrace Systems in the Cusichaca Valley, Peru. En: Prehistoric Intensive Agriculture in the Tropics. Farrington, I. S. (ed.). *BAR International Series* 232: 547- 568, Oxford.
- . 1988. Soils of Pre-Hispanic field systems in the rio Salado basin, Northern Chile. A preliminary report. En: Man Made Soils. W. Groenman van Waateringe y M. Robinson (eds.). *BAR International Series* 410: 183-206, Oxford.
- . y F. MEDDEMS. 1992. Prehispanic agricultural terrace systems in the Chicha-Soras Valley, Peru. Institute of Archaeology *Bulletin* 29: 121-138. University College. University of London.
- KEELEY, W. M. 1983. Concepts in the anthropological study of irrigation. *American Anthropologist* 85: 880 – 886.
- KEMPER B. y R. DERPSCH. 1981. Results of studies made in 1978 and 1979 to control erosion by cover crop and no-tillage techniques in Paraná, Brasil. *Soil and Tillage. Research* 1: 253-267.
- KENDALL, A. 1980. El Proyecto Cusichaca. *Boletín de Lima* 5: 47-63.
- . 1991a. Los patrones de asentamiento y desarrollo rural pre-hispánico entre Ollantaytambo y Machu Picchu. Cusichaca Trust (CT) – Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).
- . 1991b. The Cusichaca Archaeological Project, Cusco, Peru. *Bulletin* N° 28. Institute of Archaeology, UCL.
- . 1992a. Arqueología, tecnología prehispánica y desarrollo rural. En: Infraestructura Agrícola e Hidráulica Prehispánica. Presente y Futuro. Kendall, A. (ed.), pp. 11-19, Cusco.
- . 1992b. Infraestructura hidráulica pre-hispánica: presente y futuro. Tarea – Asociación Gráfica Educativa. Lima.
- . 1997. La restauración de los canales de riego y sistemas agrícolas pre-hispánicos: arqueología y tecnología indígena en desarrollo rural. Cusichaca Trust (CT), Cusco.
- . (ed.). 1992c. Infraestructura agrícola e hidráulica prehispánica. Presente y futuro. Cusichaca Trust (CT), Cusco.
- , J. GONZALES, P. PAZ. y G. DEN OUDEN. 1990. The socio-economic report of the Patacancha project. Inédito. Cusichaca Trust (CT).
- . y D. GREEN. 1997. Irrigando el futuro: manual para la restauración de sistemas de irrigación prehispánicos en la sierra sur, Perú. Cusichaca Trust.
- KNAPP, G. 1981. El nicho ecológico llanura húmeda en la economía prehistórica de los Andes de altura. Evidencia etnohistórica, geográfica y arqueológica. *Sarance* 9: 83-95. Instituto Otavaleño de Antropología, Quito.
- . 1984. Soil, slope and water in the equatorial Andes: A study of pre-Hispanic agricultural adaptation. Tesis Ph.D., University of Wisconsin, Madison.

- . 1986. Una perspectiva de la irrigación en los Andes del norte. *América Indígena* 46 (2): 349-355. Instituto Indigenista Interamericano.
- . 1987. Riego precolonial en la sierra norte. *Debate* 14: 17-45, Quito.
- . 1988. Ecología cultural prehispánica del Ecuador. Banco Central del Ecuador, Quito.
- . 1991. Andean ecology. Adaptive dynamics in Ecuador. Boulder, Westview Press.
- . 1992. Riego precolonial y tradicional en la sierra norte del Ecuador. Ediciones Abya-ayala, Quito.
- KOLATA, A. L. 1991. The technology and organization of agricultural production in the Tiwanaku state. *Latin American Antiquity* 2: 99-125.
- . y C. OHTLOFF. 1986. Thermal analysis of Tiwanaku raised field systems in the Lake Titicaca basin of Bolivia. *Journal of Archaeological Science* 16: 233 – 263.
- . 1996. Valley of the spirits: A journey into the lost realm of the Aymara. John Wiley and Sons Inc, New York.
- KOLOSEIKE, A. 1974. Models of terraces in Ecuador. En: Mathematical Models of Social and Cognitive Structures: Contributions to the Mathematical Development of Anthropology. Ballanoff, P. A. (ed.). *Illinois Studies in Anthropology* 9: 28 – 52. University of Illinois Press.
- LAL, R. (ed.) 1994. Soil Erosion, Research Methods, Soil and Water conservation Society- St. Lucie Press, Delray Beach, 340 pp.
- . y E. W. RUSSELL. (eds.) 1981 Tropical Agricultural Hydrology: Watershed Management and Land Use, J. Wiley & Sons, 482pp.
- LAMBE, T. W y R. V. WHITMAN. 1994. Mecánica de suelos. Edit. Noriega Limusa.
- LATCHAM, R. E. 1922. Los animales domésticos en la América precolombina. *Publicación del Museo de Etnología y Antropología* N° 3, Santiago.
- . 1936. Atacameño archeology. *American Anthropologist* 38: 609-619.
- LAWTON, H. y P. J. WILKE. 1979 Ancient agriculture in dry regions. En: Agriculture in Semi-arid Enviroments. Hall, A.E., G. H. Cannell y H. W. Lawton (eds.), pp. 1 – 44. Berlín. Springer – Verlag.
- LEHMANN, R. 1993. Terrace degradation and soil erosion in Naxos island, Greece. En: Farm Land Erosion in Temperate Plains Environment and Hills. Wicherek, S. (ed.), pp. 429-449. Elsevier Science Publishers B.V.
- LENNON, T. J. 1982. Raised fields of Lake Titicaca, Perú: a pre-Hispanic water management system. Tesis Ph. D. Antropología, University of Colorado. Boulder.
- . 1983. Pattern Analysis in Prehistoric Raised Fields of Lake Titicaca, Peru. En: Drained Field Agriculture in Central and South America. Darch, J. (ed.). British Archaeological Reports, *International Series* 189: 183-200, Oxford.
- LEÓN, A. 1932. Les auchenides. Notes phylogéniques et zoologiques. Etude zootechnique. D.V.M. Dissertation, Alfort, France.
- . 1939. Algunas consideraciones sobre los camélidos en los Andes. *Boletín del Museo de Historia Natural Javier Prado* 3: 95-105, Lima.

BIBLIOGRAFÍA

- LIAO, M. C. y H. L. WU. 1987 Soil Conservation on Steep Lands in Taiwán. The Chinese Soil and Water Conservation Society. Taipei. 112 pp.
- LIMA, W. de P. 1993. Impacto Ambiental do Eucalipto, Edusp, Sao Paulo, 301 pp.
- LLERENA, C. A. 1987a. Erosion and Sedimentation Issues in Peru. Publicación de la Asociación Internacional de Ciencias Hidrológicas (IAHS) N° 165: 3-14.
- . 1987b. Erosión y Sedimentación en la Sierra y Selva Alta del Perú: Problemas y Perspectivas. En: Memoria de la Conferencia Usos Sostenidos de Tierras en Ladera Tomo I, Proyecto Estrategias de Desarrollo de Tierras Frágiles (DEFIL), USAID/Ecuador, Quito y Salcedo, pp. 63-76.
- LÓPEZ, D. 1998. Procesos de erosión hídrica en andenes abandonados de la comunidad campesina de San Juan de Iris, Lima. Tesis M.Sc. Especialidad Conservación de Recursos Forestales, Escuela de Post Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, 179 pp.
- LÓPEZ, F. (Director) 1998 Restauración Hidrológico-forestal de Cuencas y Control de la Erosión: Ingeniería Medioambiental, Ministerio de Medio Ambiente, TRAGSA, Mundi Prensa, Madrid, 945pp
- LÓPEZ-BERMÚDEZ, F., J. M. GARCÍA-RUIZ, M. A. ROMERO-DÍAZ, P. RUIZ-FLAÑO, J. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J. y T. LASANTA. 1993. Medidas de Flujo de Agua y Sedimentos en Parcelas Experimentales. Cuaderno Técnico N° 6, Sociedad Española de Geomorfología. Geoforma Ediciones, Logroño, 38 pp.
- LUMBRERAS, L. G. 1967. La alimentación vegetal en los orígenes de la civilización andina. *Perú Indígena* 26: 254-273, Lima.
- . 1970. Proyecto de investigaciones arqueológicas en Puno: sobre el papel de la domesticación y el uso de los auquénidos en el desarrollo de las culturas altiplánicas andinas. En: Informe Anual Sobre las Actividades del Museo de Arqueología y Etnología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos 1969-1970. Lima, (mimeografiado).
- . 1971. Proyecto de investigaciones arqueológicas en Puno. *Pumapunku* 3: 58-67, La Paz.
- . 1974. Los reinos post-Tiwanaku en el área Altiplánica. *Revista del Museo Nacional* 40: 55- 85, Lima.
- . 1974a. The peoples and cultures of ancient Peru. Washington, D.C. Smithsonian Institution Press.
- . 1974b. Las fundaciones de Huamanga. Hacia una prehistoria de Ayacucho. Editorial Nueva Educación, Lima.
- . 1991. 500 años después. Centro de Estudios y Publicaciones, Lima.
- MACCAGNO, L. 1912. La raza de alpaca Suri. *Anales de la Dirección de Fomento* 11: 1- 6.
- . 1931. Los auquénidos peruanos. Ministerio de Agricultura, Lima.
- MACHICAO, R. 1983. Tecnología de andenes y sistemas de riego en el altiplano peruano. Editorial IIDSA. Puno.
- MAHAFFEY, C. y E. R. WEBBER. 1988. Agriculture in Achoma. Denevan, W. M. (ed.), pp. 112 – 169.
- MÁLAGA, A. 1986. Los andenes en la agricultura Collagua. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds), pp. 127-132. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.

- . 1987. Los andenes del valle del Colca. *Medio Ambiente* 22: 16-19, 25. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente, Lima.
- MALDONADO, A. y L. GAMARRA. 1978. Significado arqueológico, agrológico y geográfico de los andenes abandonados de Santa Inés y Chosica en el valle del Rímac. En: *Tecnología Andina*. Ravines, R. (comp.), pp. 157-171. Instituto de Estudios Peruanos (IEP) e Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC), Lima.
- MALPASS, M. 1986a. Pre-Hispanic agricultural terracing at Chijra, Coporaque. En: *The Cultural Ecology, Archeology and History of Terracing and Terrace Abandonment in the Colca Valley of Southern Peru*. Donovan, W. M. (ed.), pp. 148-166. Technical Report to the Natural Science Foundation and the National Geographic Society. Vol. 1. Madison, Wisconsin.
- . 1986b. Late prehispanic terracing at Chijra in the Colca Valley, Peru. Preliminary report I. En: *Prespectives on Andenes Prehistory and Protohistory*. Sandweiss, D. y P. Kuickok (eds.), pp. 19-34. Ithaca, New York.
- . 1987. Prehistoric agricultural terracing at Chijra in the Colca Valley, Peru: Preliminary report II. Oxford. En: *Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region*. Denevan, W.M., Mathewson, K. y Knapp, G. (eds.). *British Archaeological Reports. International Series* No. 359(i):.45-66.
- . 1988. Irrigated versus non-irrigated terracing in the Andes: Environmental considerations. Paper printed at the Northeast Conference of Andean archeology and ethnohistory. Amherst, M.A.
- MARCOS, J. G. 1995. El manejo del agua en el variado medio ambiente del área septentrional andina a partir del tercer milenio. En: *Cultura y Medio Ambiente en el Area Andina Septentrional*. Guinea, M., J. Bouchard y J. G. Marcos (coords.), pp. 129-164. Ediciones Abya-Yala, Quito.
- MARTIN, D. 1986. Archaeology of terraces and settlement at Chilacota, Coporaque. Denevan, W. M. (ed.), pp. 221 – 234.
- MASSON, L. .1982 *Tecnología apropiada al desarrollo rural*. Mesa Redonda sobre Ciencia y Tecnología, II Congreso Nacional de Ingenieros, Lima.
- . 1983. Las terrazas agrícolas, una tecnología olvidada en el Perú: Un planteamiento para su aprovechamiento eventual. Banco Continental, Lima. (manuscrito)
- . 1984a. Proyecto experimental de recuperación de terrazas agrícolas precolombinas (andenes) para una región mesoandina del Perú. *Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NCTL)*, Lima.
- . 1984b. Las terrazas agrícolas, una tecnología olvidada en el Perú. Banco Continental, Lima.
- . 1986a. Rehabilitación de andenes en la comunidad de San Pedro de Casta, Lima. En: *Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, presente y futuro*. De la Torre, C. y M. Burga (eds), pp. 207-216. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1986b. La recuperación de andenes para la ampliación de la frontera agrícola en la sierra. Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE). Proyecto Regional de Patrimonio Cultural UNESCO-PNUD, Lima.
- . 1986c. Experiencias en San Pedro de Casta. En: *Andenería, Conservación de Suelos y Desarrollo Rural en los Andes Peruanos*. Portocarrero, J. (ed.), pp. 25-29. Fundación Friedrich Ebert. Ministerio de Agricultura. Ministerio de Vivienda y Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NTCL), Lima.
- . 1987a. La ocupación de andenes en el Perú. *Pensamiento Iberoamericano* 12: 179 – 200.

BIBLIOGRAFÍA

- . 1987b. Revisión de las políticas sobre uso y conservación de los recursos naturales renovables productivos. En: Seminario sobre Tecnologías Tradicionales. Primera Reunión de Manejo de Suelos y Agua en la Sociedad Andina (Cieneguilla, 5 al 7 de agosto de 1987). Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales (FOMCIENCIAS), Lima.
- . 1993. Contribución al conocimiento de los andenes. En: Quinta Reunión Bienal del Seminario Permanente de Investigación Agraria, Arequipa.
- . 1994. Ecología: el reto del espacio andino. En: Historia y Cultura del Perú. Curatola, M. y F. Silva-Santisteban (eds.), pp. 27-40. Universidad de Lima. Museo de la Nación, Lima.
- . 1996. La rehabilitación de andenes. En: Comprender la Agricultura Campesina en los Andes Centrales de Perú y Bolivia. Morlon, P. (comp. y coord.). *Travaux de l'Institut Français d'Etudes Andines* 96: 225-229. Instituto Francés de Estudios Andinos y Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas.
- , C. FELIPE-MORALES y P. MORLON. 1992. Vers la réconciliation de l'ancien et du nouveau: la réhabilitation des terrasses de culture. En: Comprendre l'agriculture paysanne dans les Andes Centrales: Pérou-Bolivie. Institut national de la recherche agronomique (INRA). Morlon, P. (coord.), pp. 234-242, París.
- , C. MANABE, S. RODRÍGUEZ y V. ROJAS. 1983. La recuperación de los andenes como alternativa ecológica para la ampliación de la frontera agrícola en la sierra: Posibilidades en la subcuenca del río Santa Eulalia. *Serie Tecnologías Locales* Nº 3. NCTL, Lima.
- MASUDA, S., I. SHIMADA y C. MORRIS (eds). 1985. Andean ecology and civilization: an interdisciplinary perspective on Andean ecological complementarity. University of Tokyo Press, Tokyo.
- MATHEWS, J. E. 1989. Dual systems of Inka agricultural production: Evidence from the Osmore drainage, southern Peru. En: Ecology, Settlement and History in the Osmore Drainage, Peru. Rice, D.S., C. Stanish y P. R. Scarr (eds.). British Archaeological Reports. *International Series* 545: 415-434. Oxford.
- MATIENZO J. DE. 1967 [1567]. Gobierno del Perú. Edición y estudio preliminar de G. Lohmann. En: Travaux del Institut Français d'Etudes Andines, Vol. 11, Lima.
- MAYER, E. 1977. Tenencia y control comunal de la tierra: caso de Laraos (Yauyos). En: Cuadernos del Concejo Nacional de la Universidad Peruana, pp. 59 – 72.
- . 1979. Land use in the Andes. Ecology and agriculture in the Mantaro valley of Peru with special reference to potatoes. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima.
- . 1985. Production zones. Masuda, S., I. Shimada y C. Morris (eds.), pp. 45 – 84.
- . 1994. Recursos naturales, medio ambiente, tecnología y desarrollo. En: Perú. El Problema Agrario en Debate. Sepia V. Dancourt, O., E. Mayer y C. Monge (eds.), pp. 479-533. Seminario Permanente de Investigación Agraria..Universidad Nacional de San Agustín (UNAS). Centro de Apoyo y Promoción del Desarrollo Agrario, Lima.
- y C. FONSECA. 1979. Sistemas agrarios en la cuenca del río Cañete, Lima. ONERN.
- . 1988. Comunidad y producción en la agricultura andina. FOMCIENCIAS, Lima.
- McCAMANT, K. 1986. The organization of agricultural production in Coporaque, Peru. Tesis Maestría, University of California, Berkeley.

- MEDINA, F. 1997. Proyectos de riego en la zona altoandina: ¿Sólo obras o proyectos de desarrollo?. En: Perú. El problema agrario en debate. *Sepia VI*. Gonzáles de Olarte, E., B. Revesz y M. Tapia (eds.), pp. 465-502. Seminario Permanente de Investigación Agraria, Lima.
- MEHL, H., E. MIES. (eds.). 1997. Aplicación de la teledetección y de los sistemas de información geográfica en la gestión de recursos naturales. Parte I: Fundamentos teóricos y prácticos. Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional (DSE). Feldafing, 437 pp., Alemania.
- MEJÍA, J. 1989. Necesidades de agua del proyecto recuperación de Andenes - Rímac, Colca y Tarata. Informe Técnico. PRONAMACHCS. En: Estudio de Factibilidad de un Proyecto Nacional de Desarrollo en Áreas de Recuperación de Andenes en el Perú. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago. 17 pp.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1979. Catastro rural. Lima.
- MITCHELL, W. 1977. Irrigation farming in the Andes: evolutionary implications. En: Peasant Livelihood: Studies in Economic Anthropology and Cultural Ecology. Halperin, R. y J. Dow (eds.), pp. 36 – 59. St. Martin's Press, Nueva York.
- . 1980. Local ecology and the state: Implications of contemporary Quechua land use for the Inca sequence of agricultural work. En: Beyond the myths of culture: essays in cultural materialism. Ross, E. B. (ed.), pp. 139 – 154. Academic Press, Nueva York.
- . 1985. On terracing in the Andes. *Current Anthropology* 26: 288-289.
- . 1991. Peasants on the Edge: Crop, Cult and Crisis in the Andes. University of Texas Press, Austin.
- MOLLEPAZA, E. 1983. Consideraciones ecológicas de los Andes altos. En: Evolución y Tecnología de la Agricultura Andina. Fries, A. M. (ed.), pp. 25-29. PISCA-IICA/CIID. Instituto Indigenista Interamericano, Cusco.
- MONTOYA, R., M. J. SILVEIRA y F. LINDOSO. 1979. Producción parcelaria y universo ideológico: el caso de Puquio. Lima.
- MOPT. 1992. Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico, Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Madrid, 809pp.
- MORLON, P. 1982. Sistemas de producción y espacio rural. En: Tecnologías Agrícolas Tradicionales en los Andes Centrales: Perspectivas para el Desarrollo. Morlon, P. B. Orlove y A. Higon (eds.), pp. 23-30. Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE). Proyecto Regional de Patrimonio Cultural (PNUD/UNESCO), Lima.
- . 1992. Reduction des risques climatiques par les aménagements: 1' exemple des gelées sur 1' Altiplano. En: Comprendre 1' agriculture paysanne dans les Andes Centrales: Pérou-Bolivie. Morlon, P. (coord.), pp. 265-277. Institut national de la recherche agronomique (INRA), 522 pp., París.
- . 1996a. Propiedades familiares y dispersión de riesgos: el ejemplo del altiplano. En: Comprender la Agricultura Campesina en los Andes Centrales de Perú y Bolivia. Morlon, P. (comp. y coord.). *Travaux de l'Institut Français d'Etudes Andines* 96: 178-194. Instituto Francés de Estudios Andinos. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas, Lima.
- . 1996b. Reducción de los riesgos climáticos por medio de acondicionamientos: el ejemplo de las heladas en el altiplano. En: Comprender la Agricultura Campesina en los Andes Centrales de Perú y Bolivia. Morlon, P. (comp. y coord.). *Travaux de l'Institut Français d'Etudes Andines* 96: 256-268. Instituto Francés de Estudios Andinos. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas, Lima.

BIBLIOGRAFÍA

- _____. (comp.). 1996. Comprender la agricultura campesina en los Andes centrales de Perú y Bolivia. *Travaux de l'Institut Fracise d'Etudes Andines* N° 96. Instituto Francés de Estudios Andinos. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas, Lima.
- _____, J. BOURLIAUD, R. REAU y D. HERVÉ. 1996. Una herramienta, un símbolo, un debate: la chaquitacla y su persistencia en la agricultura andina. En: Comprender la Agricultura Campesina en los Andes Centrales de Perú y Bolivia. Morlon, P. (comp. y coord.). *Travaux de l'Institut Fracise d'Etudes Andines* 96: 38-83. Instituto Francés de Estudios Andinos. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas, Lima.
- _____, B. ORLOVE y A. HIBON. (eds). 1982. Tecnologías agrícolas tradicionales en los Andes Centrales: perspectivas para el desarrollo. Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE). Proyecto Regional de Patrimonio Cultural (PNUD/UNESCO), Lima.
- MORRIS, C. 1967 Storage in Tawantinsuyu. Tesis Ph.D. Antropología, University de Chicago, 252 pp.
- _____. 1982. The infraesture of Inka Control in the Peruvian Central Highlands. En: The Inca and Aztec States 1400 - 1800: Anthropology and History. Colier, G.A., R. Rosaldo y J. Wirth (eds.), pp. 153 – 171, Nueva York. Academic Press.
- MUJICA, E. 1978. Nueva hipótesis sobre el desarrollo temprano del altiplano del Titicaca y sus áreas de interacción. *Arte y Arqueología* 5-6: 285-308. Instituto de Estudios Bolivianos. Academia Nacional de Ciencias de Bolivia, La Paz.
- _____. 1985. Altiplano-coast relationships in the south-central Andes: From indirect to direct complementarity. En: Andean Ecology and Civilization: An Interdisciplinary Perspective on Andean Ecological Complementarity, Masuda, S., I. Shimada y C. Morris (eds.), pp. 103-140. University of Tokyo Press, Tokio.
- _____. 1987. El rescate de las tecnologías andinas prehispánicas: un comentario bibliográfico. *Gaceta Arqueológica Andina* 4 (14): 14. Instituto Andino de Estudios Arqueológicos, Lima.
- _____. 1988. Peculiaridades del proceso histórico temprano en la cuenca norte del Titicaca: una propuesta inicial. *Boletín del Laboratorio de Arqueología* 2: 75-122. Escuela de Arqueología e Historia de la Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga (UNSH), Ayacucho.
- _____. 1993. Componente cultural y tecnológico del ecosistema andino. En: El Agroecosistema Andino: Problemas, Limitaciones, Perspectivas, pp. 131-138. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima.
- _____. 1995a. Cultivos en andenes y tradiciones prehispánicas. *Circular CIP* 21 (2): 11-18. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima.
- _____. 1995b. Terrace culture and pre-Hispanic traditions. *Circular CIP* 21 (2): 11-18. International Potato Centre, Lima.
- _____. 1995c. Andenes. Arquitectura productiva. *Inka. Arkinka* 1 (3): 86-98, Lima.
- _____. 1998. La domesticación de los Andes. *El Dorado* (10): 10-20, Lima.
- _____. y J. WHEELER. 1981. Producción y recursos ganaderos prehispánicos en la cuenca del Titicaca, Perú: Trabajo de campo 1979-1980. En: Informe presentado al Instituto Nacional de Cultura (INC), Lima.
- MURRA, J. 1960. Rite and crop in the Inca state. En: Culture and History: Essays in Honor of Paul Radin. Diamond, S. (ed.), pp. 393 – 407, Nueva York.
- _____. 1964. Una apreciación etnológica de la visita. En: Visita hecha a la Provincia de Chucuito por Garcí Díez de San Miguel en el año 1567, pp. 421-444. Casa de la Cultura del Perú, Lima.

- . 1972. El control vertical de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas. En: Visita de la Provincia de León de Huánuco (1562), Iñigo Ortiz de Zúñiga, visitador. Vol. II. Murra, J. (ed.), pp 427 – 476. Universidad Nacional Hermilio Valdizán (UNHV), Huánuco.
- . 1975. Formaciones económicas y políticas del mundo andino. IEP, Lima.
- NICKEL, C. 1982. The semiotics of Andean terracing. *Art journal* 42: 200 – 203.
- NILES, S. 1982. Style and function in Inca agricultural works near Cusco. *Awpa Pacha* 20: 163-182, Número Especial: "Honoring Dorothy Menzel and John Rowe". Berkeley.
- NOVOA, A. R. y J. L. POSNER (eds.) 1981 Agricultura de Ladera en América Tropical. CATIE y Fundación Rockefeller. Turrialba. 360 pp.
- NÚÑEZ, A. L. 1967 – 1968 Informe arqueológico sobre una muestra de posible narcótico del sitio Patillos – 1 (Provincia de Tarapacá, Norte de Chile). *Arstryck*: 83 – 90.
- NÚÑEZ, M. 1987. Tecnología de las Terracerías Tiwanakus. En: Quinto Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Universidad Nacional del Altiplano (UNA). Corporación Departamental de Desarrollo de Puno (CORDEPUNO). Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA). Proyecto Investigación y Sistemas Agropecuarios Andinos(PISA). Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI). Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID). 514 p.
- OCHOA, C. M. 1962. Los *solanum* tuberíferos silvestres del Perú. Instituto de la Papa, Lima.
- OFICINA SECTORIAL DE ESTADISTICA. 1982. *Boletín Estadístico del Sector Agrario* 1982. Ministerio de Agricultura, Lima.
- OJHA, E.R. 1977. Agricultural terracing: Development perspectives. Ratna Pustak Bhandar. Kathmandu, 77 pp..
- ONERN. 1973. Inventario, evaluación y uso racional de los recursos naturales de la costa. Cuenca del Río Camaná – Majes. 2 vols. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima.
- . 1975. Inventario y evaluación de los recursos naturales de la zona del proyecto de Marcapomacocha. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales Lima.
- . 1976. Mapa ecológico del Perú. Memoria explicativa. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima.
- . 1982. Diagnóstico de los problemas de erosión en el Perú. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima, 100 pp..
- . 1983. Estudio geomorfológico de la cuenca del río Seco. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima.
- ORLOVE, B., R. GODOY y P. MORLON. 1996. Sistemas de barbecho sectoriales. En: Comprender la Agricultura Campesina en los Andes Centrales de Perú y Bolivia. Morlon, P. (comp. y coord.). *Travaux de l'Institut Fracise d'Etudes Andines* 96: 86-117. Instituto Francés de Estudios Andinos. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas, Lima.
- . y D. GUILLET. 1985. Theoretical methodological considerations on the study of mountain peoples: Reflections on the Idea of subsistence type and the role of history in human ecology. *Mountain research and development* 5: 3 – 18.

BIBLIOGRAFÍA

- ORTLOFF, R. 1988. Canal builders of Pre-Inca Peru. *Scientific American* 259(6): 100-107.
- . 1989. A mathematical model of the dynamics of hydraulic societies in ancient Peru. En: Ecology, Settlement and History in the Osmore Drainage, Peru. Rice, D.S., C. Stanish y P. R. Scarr (eds.). *British Archaeological Reports, International Series* 545: 457-477, Oxford.
- OSORIO DE QUIÑONES, L. y J. RAMÍREZ. [1581-83]. Parecer de la visita a Chucuito. Manuscrito Lima 129, Archivo de Indias, Sevilla.
- OSSIO, J. M. 1987. Las andenerías de la comunidad de Andamarca (Ayacucho, Perú). En: Seminario sobre Tecnologías Tradicionales. Primera Reunión de Manejo de Suelos y Agua en la Sociedad Andina (Cieneguilla). Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales (FOMCIENCIAS), Lima.
- OSTERKAMP, W. R. 1976. Variation and causative factors of sediment yields in the Arkansas River basin, Kansas. En: Proceedings of the 3rd. Federal Inter-Agency Sedimentation Conf. Water resources Council, pp. 1-59, Washington, D.C.
- OTTONELLO DE G. REINOSO, M. y B. RUTHSATZ. 1982. Environment, human settlement and agriculture in the Puna de Jujuy, Argentina. A case study of land-use change. *Mountain Research and Development*, 2 (1): 111-126.
- PALACIOS, M. O., J. CALDAS y C. VELA 1992 Geología de los cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica. Boletín N° 43, Serie A: Carta Geológica Nacional, INGEMMET, Lima, 163 pp.
- PALLARES, J. 1994. Procesos que conducen a la rotura de muros en terrazas de cultivo (Norte Castellón). *Cuaternario y Geomorfología* 8 (3-4): 23-26.
- PARODI, A. 1987. The geomorphology of the Colca river canyon. En: Discovering the Colca valley. De Romaña, M., J. Blassi y J. Blassi (eds.), pp. 31 – 48, Barcelona.
- PARSONS, J. J. y W. M. DENEVAN. 1967. Pre-columbian ridged fields. *Scientific American* 217 (1): 93-100.
- PATTERSON, T. 1966 Highland South America: Current research. *American Antiquity* 32 (1): 143-144.
- PEASE, F. 1977. Collaguas I. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima.
- PENA, A. 1985. Proyecto de desarrollo andino Cusicacha. Inédito. CAP/CT.
- PERRY, J. 1916. The geographic distribution of terraced cultivation and irrigation. Proceeding of the Manchester Literary and Philosophical Society, Vol. 60: 1 – 25.
- PICKERSGILL, B. y C. B. HEISER. 1977. Origins and distribution of plants domesticated in the New World Tropics. En: Origins of Agriculture. Reed, C. A. (ed.), pp. 803-835. The Hague, Mouton Publishers.
- PIMENTEL, D. (ed.) 1993. World Soil Erosion and Conservation. Cambridge University Press, Cambridge, 349pp..
- PNC SACH. 1984. Manual Técnico de Conservación de Suelos. Programa Nacional de Conservación de Suelos y Aguas en Cuencas Hidrográficas. Ministerio de Agricultura. USAID-Perú, Lima.
- . 1984. Impacto de la conservación de suelos y aguas en el desarrollo del agro en la sierra peruana.. Programa Nacional de Conservación de Suelos y Aguas en Cuencas hidrográficas. Ministerio de Agricultura. Lima.
- . 1987. Estrategias de Promoción en las Comunidades y Caseríos Andinos. Programa Nacional de Conservación de Suelos y Aguas en Cuencas Hidrográficas. Ministerio de Agricultura. USAID-Perú, Lima. 110 pp.

- . 1988. Cinco años de conservación de suelos con los campesinos de los Andes Peruanos: Autoevaluación del Programa Nacional de Conservación de Suelos y Aguas en Cuencas Hidrográficas. Ministerio de Agricultura. CONCYTEC. Lima, 249 pp.
- POESEN, J., INGELMO-SÁNCHEZ, F. y MUCHER, H. 1990. The hydrological response of soil surfaces to rainfall as affected by cover and position of rock fragments in the top layer. *Earth Surface Processes and Landforms* 15: 653-671.
- POLO DE ONDEGARDO, J. 1916 [1571]. Relación de los fundamentos acerca del notable daño que resulta de no guardar a los indios de sus fueros. *Colección de Libros y Documentos Referentes a la Historia del Perú*, Serie I, Vol. 3, Lima.
- PORTOCARRERO, J. (ed.). 1986. Andenería, conservación de suelos y desarrollo rural en los Andes peruanos. Fundación Friedrich Ebert, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Vivienda y Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NTCL).
- PORTUGAL, O. M. y M. Z. PORTUGAL. 1977. Investigaciones arqueológicas en el valle de Tiwanaku. *Arqueología en Bolivia y Perú* II: 243-283. Casa Municipal de la Cultura Franz Tamayo, La Paz.
- PORTUGAL, Z. M. y M. O. PORTUGAL. 1975. Qallamarka, nuevo yacimiento arqueológico descubierto cerca a Tiwanaku. *Arte y Arqueología* (3-4): 195-216, La Paz.
- PRATEC . 1994. Crianza andina de la chacra. Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas, Lima.
- PRESUTTI, M., A. LOMBARDO. 1999. Análisis de imágenes RADARSAT W2 para su aplicación en la estimación y relevamiento de áreas agropecuarias y forestales. Provincia de Buenos Aires - Argentina. En: Simposio Final Globesar 2.- Aplicaciones de RADARSAT en América Latina. (17-20 de mayo de 1999), pp 421-426, Buenos Aires.
- PRICE, B. J. 1971. Prehispanic irrigation agriculture in nuclear America. *Latin America Research Review* 6: 3 – 60.
- PRONAMACHCS. 1997. Manual del extensionista para la ejecución de prácticas mecánicas de conservación de suelos en la región alto andina del Perú, Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos, Ministerio de Agricultura, Lima.
- . 1998. Manual de plantaciones forestales para la sierra peruana. FEMAP-FAO-DGIS/Holanda-MINAG. Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos, Ministerio de Agricultura. Lima. 165 pp. + fotos.
- . 1998. Manual técnico de conservación de suelos. Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y y Conservación de Suelos, Ministerio de Agricultura, Lima.
- PROYECTO PIDAE. 1995. La Encañada: caminos hacia la sostenibilidad. ASPADERUC. CONDENSAN-CIP. FONDO PERU-CANADA, Lima.
- PUESTES, H. A. 1998. Los primeros tiempos del formativo en el valle de Catamarca, control de cuenca, manejo hidráulico y uso del espacio. Un caso de estudio: sitio El Tala (Dpto. Capital, Catamarca). Tesis de Licenciatura. Escuela de Arqueología. Universidad Nacional de Catamarca, Argentina, 81 pp.
- PULESTON, E. 1978. Terracing, raised fields, and tree cropping in the Maya Lowlands: A new perspective on the geography of power. En: Pre-Hispanic Maya Agriculture. Harrison, P.D., y B. L. Turner II (eds.), pp. 225-245. University of New Mexico Press, Albuquerque.
- PULGAR VIDAL, J. 1987. Geografía del Perú: las 8 regiones naturales del Perú. Ed. Peisa, Lima.

BIBLIOGRAFÍA

- RAFFINO, R. 1973. Agricultura hidráulica y simbiosis económica demografía en la Quebrada del Toro. *Revista del Museo de la Plata*. Vol. VII. Antropología 40: 299-332.
- RAMOS, C. 1986a. Reconstrucción, refacción y manejo de andenes en Asillo. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 225-239. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1986b. Evaluación y rehabilitación de camellones o "kurus" en Asillo. *Allpanchis Phuturinga* 27: 239-284. Instituto de Pastoral Andina, Cusco.
- . 1986c. Evaluación y rehabilitación de camellones o "kurus" en Asillo, Puno. En: Anales del V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. INIPA. UNA. CORPUNO, Puno.
- . 1987. Tecnología de reconstrucción, refracción y manejo de Andenes en el Distrito de Asillo, Puno. En: Quinto Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Universidad Nacional del Altiplano (UNA). CORDEPUNO. INIPA, 514 pp., Lima.
- . 1992. Vers la Réconciliation de l'ancien et du nouveau: la réhabilitation des terrasses de culture. Une expérience de reconstruction d'anciennes terrasses sur l'Altiplano. En: Comprendre l'agriculture paysanne dans les Andes Centrales: Pérou-Bolivie. Morlon, P. (coord.). Institut national de la recherche agronomique (INRA). 522 pp., París.
- . 1996. Una experiencia de reconstrucción de antiguos andenes en el altiplano. En: Comprender la Agricultura Campesina en los Andes Centrales. Perú y Bolivia. Morlon, P. (comp. y coord.). *Travaux de l'Institut Français d'Etudes Andines* 96: 229-234. Instituto Francés de Estudios Andinos y Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas, Lima.
- RAVINES, R. 1978. Agricultura y riego.- Introducción. En: Tecnología Andina. Ravines, R. (comp.), pp. 93-106. Instituto de Estudios Peruanos (IEP) e Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC), Lima.
- . y F. SOLAR. 1980. Hidráulica agrícola prehispánica. *Allpanchis Phuturinga* 15: 69-81. Instituto de Pastoral Andina, Cusco.
- RECHARTE, J. 1987. Estrategias económicas de plazo largo en la inversión campesina en andenes. En: Seminario sobre Tecnologías Tradicionales de la Primera Reunión de Manejo de Suelos y Agua en la Sociedad Andina (Cieneguilla), Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales (FOMCIENCIAS), Lima.
- . 1990. Value and economic culture among the peasant gold miners of the Cuyo Cuyo district (Northern Puno, Peru). University of North Carolina. *Working Paper* N° 3. Research project Production Storage and Exchange in a Terraced Environment on the Eastern Andean Scarpment.
- REGAL, A. 1945. Política hidráulica del imperio incaico. *Revista de la Universidad Católica del Perú* 13: 75 – 110.
- . 1970. Los trabajos hidráulicos del Inca en el antiguo Perú. 143 pp., Lima.
- RENGIFO, G. 1987. La agricultura tradicional en los Andes. Manejo de suelos, sistemas de labranza y herramientas agrícolas. Ed. Horizonte, Lima.
- . y A. KOHLER. (comps). 1989. Revalorización de tecnologías campesinas andinas. La Paz, Bolivia.
- REYNEL, C. y C. FELIPE-MORALES. 1987. Agroforestería tradicional en los Andes del Perú, Proyecto FAO/Holanda-INFOR/Ministerio de Agricultura, 154 pp.

- RIST, S. y J. SAN MARTÍN. 1991. Agroecología y saber campesino en la conservación de suelos. Universidad Mayor de San Simón. AGRUCO, Cochabamba.
- RODRÍGUEZ D, D. 1990. Traditional andean agriculture. *Gate* 4: 12-16.
- ROMERO, E. 1929. El aspecto económico de los antiguos andenes peruanos. *Revista Económica y Financiera*: 3-6, Lima.
- ROSAS LA NOIRE, H. 1992. Restos arqueológicos en Pachma Bajo (Ancash). En: Prehistoria Sudamericana: nuevas Perspectivas. Meggers, B. J. (ed.), pp. 333-341. Washington.
- ROSTWOROWSKI, M. 1986. Comentarios de las ponencias. En: Andenería, conservación de suelos y desarrollo rural en los Andes peruanos. Portocarrero, J. (ed.), pp. 37-40. Fundación Friedrich Ebert., Ministerio de Agricultura, Ministerio de Vivienda y Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NTCL), Lima.
- ROUSSEAU, P., D. HERVE y H. POUPON. 1989. Manejo de la irrigación en una vertiente andina de muy fuerte pendiente, controles comunales y riego a la parcela. En: La Irrigación Tradicional en la Vertiente Occidental de los Andes Peruanos. *Documento de Trabajo* N° 3. Instituto Francés de Estudios Andinos, Lima.
- ROZAS, J. 1984. Sistema de cultivo en q'ochas. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).
- . 1986. El sistema de cultivo en q'ochas. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 107 – 126, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1987. Clasificación y manejo de los suelos en q'ochas. En: Seminario sobre tecnologías tradicionales. Primera reunión Manejo de Suelos y Agua en la Sociedad Andina (Cieneguilla), Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales (FOMCIENCIAS), Lima.
- RUIZ, P., T. LASANTA y J. M. GARCÍA. 1992. La variabilidad espacial de la producción de escorrentía y sedimentos como base para la gestión de campos abandonados. En: Estudios de Geomorfología en España, F.López Bermúdez (ed.), pp. 221-230.
- SALA, M. y F. GALLART (eds.) 1988 Métodos y Técnicas para la Medición en el Campo de Procesos Geomorfológicos. Monografía N° 1, Sociedad Española de Geomorfología. Barcelona. 102 pp.
- . y A. LINÁREZ. 1986. ¿Es el Perú un país agrario?. Centro de Investigación del Dpto. de Economía y Planificación (CIDEP). Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima, 42 pp..
- . y A. VÁSQUEZ. 1984. Andenería incaica. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- . 1987. Andenes: Parámetros, operación y mantenimiento. UNALM. Ministerio de Vivienda y Construcción – PRATVIR. 69 pp.
- SALCEDO, R., X. BUSTOS. 1999. Identificación multitemporal de cultivos, en los llanos occidentales de Venezuela, mediante el uso de imágenes RADARSAT. En: Simposio Final Globesar 2.- Aplicaciones de RADARSAT en América Latina (17-20 de mayo de 1999), pp 16-23, Buenos Aires.
- SÁNCHEZ P. 1986. Construcción de terrazas agrícolas y otras prácticas de conservación de aguas y suelos. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 195-204. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.

BIBLIOGRAFÍA

- SANDOR, J. A. 1983. Soils at prehistoric agricultural terracing sites in New Mexico. Tesis Doctoral. University of California. Berkeley.
- . 1986. Report on soils in agricultural terraces in the Colca Valley. Madison. En: The Cultural Ecology, Archaeology and History of Terrace Abandonment in the Colca Valley of Southern Peru. Denevan, W. (ed.), Vols. 1 y 2, pp. 235-275, Madison.
- . 1987a. Soil conservation and development of agricultural terraces in the Colca Valley, Perú. *Journal of the Washington Academy of Science* 77: 149 – 154.
- . 1987b. Initial investigation of soils in agricultural terraces in the Colca Valley, Peru. Oxford. En: Prehispanic Agricultural Fields in the Andean Region. Denevan, W., K. Mathewson y G. Knapp (eds.). British Archaeological Reports. *International Series* 359(I): 163-192.
- . 1989. Investigation of agricultural soils at Lari, Colca Valley, Peru. En: Cognitive and Behavioral Studies of Soil Management in Peru. Final report to the National Science Foundation. Anthropology Program. Catholic University of America, Washington, D.C.
- . 1992. Long-term effects of prehistoric agriculture on soils: Examples from New Mexico and Peru. En: Soils in Archaeology: Landscape Evolution and Human Occupation. Holliday, V.T. (ed.), pp.217-245. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- , P. L. GERSPER y J. W. HAWLEY. 1990. Prehistoric agricultural terraces and soils in the Mimbres area, New Mexico. *World Archaeology* 22: 70-86.
- y N. S. EASH. 1991. Significance of ancient agricultural soils for long-term agronomic studies and sustainable agriculture research. *Agronomy Journal* 83: 29-37.
- . 1995. Ancient agricultural soils in the Andes of Southern Peru. *Soil Science Society of America Journal* 59(1): 170-179.
- y L. FURBEE. 1996. Indigenous knowledge and classification of soils in the Andes of Southern Peru. *Soil Science Society of America Journal* 60 (5): 1502-1512.
- SANFORD, P. 1986. Pollen analysis of agricultural terrace soils from Coporaque. Denevan, W. M. (ed.), pp. 2769 – 290.
- SANTORO V., M. CALOGERO, J. HIDALGO y A. OSORIO. 1987. El estado Inka y los grupos étnicos en el sistema de riego de Socoroma. *Chungará* 19: 71-92. Dpto. de Arqueología. Facultad de Estudios Andinos. Universidad de Tarapacá, Arica.
- SCHIECHTL, H. M. 1980. Bioengineering for Land Reclamation and Conservation, The University of Alberta Press, Edmonton, 404 pp.
- SCHJELLERUP, I. 1985. Observations on ridge fields and terracing systems in the northern highlands of Peru. *Tools and Tillage* 5 (2): 100-121. National Museum of Denmark, Dinamarca.
- . 1986a. Andenes y camellones en la región de Chachapoyas. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino. Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga (eds.), pp. 133-150. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.
- . 1986b. Observaciones de camellones y sistemas de andenes en la sierra norte del Perú. Boletín Informativo Mensual del Instituto Nacional de Cultura-Amazonas. *Kuelap* 64, Chachapoyas.

- _____. 1991. Investigaciones históricas y arqueológicas en la Provincia de Chachapoyas en Perú. En: Los Incas y el Antiguo Perú: 300 años de historia, pp. 314-325. Sociedad Estatal Quinto Centenario. *Colección encuentros: Serie Catálogos* Vol.1. 498 pp., Barcelona.
- _____. 1992a. Pre-Columbian field systems and vegetation in the jalca of northeastern Peru. En: Paramo. An Andean Ecosystem under Human Influence. Balslev, H. y J. L. Luteyn (eds.), pp. 137-150. New York, Academic Press Limited.
- _____. 1992b. La agricultura prehispánica en el territorio de la provincia de Chachapoyas, Departamento de Amazonas, Perú. *Revista del Museo de Arqueología* 3: 142-157. Universidad Nacional de Trujillo.
- _____. 1993. Los hijos de las piedras. Agricultura en Chuquibamba. Lima, Museo Nacional de Arqueología, Antropología e Historia del Perú.
- SCHULTE, M. 1996. Tecnología agrícola altoandina. El manejo de la diversidad ecológica en el valle de Charazani. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Ed. Plural. La Paz.
- SERAFINI, M., M. RAED, M. ANTES y A. CUELLO. 1999. Monitoreo del uso y cobertura de la tierra en el área agrícola de la cuenca del río Luján mediante datos de RADAR. En: Simposio Final Globesar 2.- Aplicaciones de RADARSAT en América Latina, pp 9-15, Buenos Aires
- SHEA, D. E. 1986. An hypothesis concerning terrace construction in the Colca Valley. Denevan, W. M. (ed.), pp. 376 – 384.
- _____. 1987. Preliminary discussion of prehistoric settlement and terracing at Achoma, Colca Valley, Peru. Oxford. En: Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region. Denevan, W.M., Mathewson, K. y Knapp, G. (eds.). British Archaeological Reports. *International Series* no.359(i): 67-88.
- _____. (ed.). 1994. Achoma Archaeology: A Study of Terrace Irrigation. Occasional papers of the Beloit College Museum.
- SHENG, T.C. 1981. The Need for Soil Conservation Structures for Steep Cultivated Slopes in the Humid Tropics. En: Tropical Agricultural Hydrology, R. Lal y E.W. Rusell (eds.), John Wiley and Sons Ltd., pp. 357-372.
- SHERBONDY, E. 1982. The canal system of Hanan Cuzco. Tesis Doctoral, Antropología. Universidad de Illinois.
- _____. 1987. The Incaic organization of terraced irrigation in Cusco, Peru. Oxford. En: Pre-Hispanic Agricultural Fields in the Andean Region. Denevan, W.M., Mathewson, K. y Knapp, G. (eds.). British Archaeological Reports. *International Series* 359 (ii): 365-371.
- SHIPPEE, R. 1932. Lost Valleys of Perú. Results of the Shippee – Johnson Peruvian Expedition. *Geographical review* 22: 562 – 581.
- SIDLE, R.C., A. J. PEARCE, y C. L. O'LOUGHLIN. 1985. Hillslope stability and land use, Monografía Sobre Recursos Hídricos No. 11, American Geophysical Union, Washington D.C., 140 pp.
- SIMMONS, G.G. 1965. The grain chenopods of the tropical American highlands. *Economic Botany* 19: 23-25.
- SMITH, R. 1987. Indigenous agriculture in the Americas. En: Latin American Development: Geographical perspectives. Preston, D. (ed.), pp. 34 – 69, Nueva York.
- SMITH, C., W. M. DENEVAN y P. HAMILTON. 1968. Ancient ridged fields in the region of Lake Titicaca. *Geographical Review* 134 (3): 353-367.

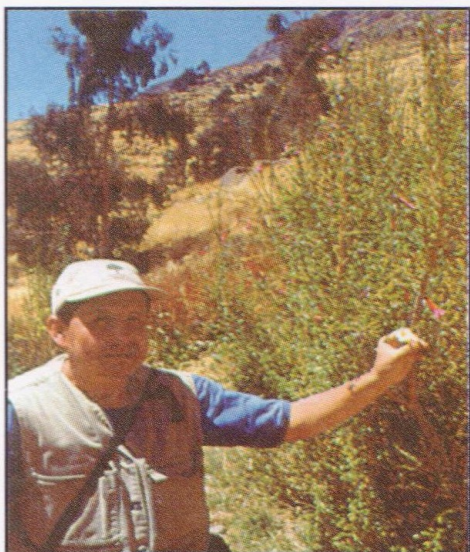
BIBLIOGRAFÍA

- . 1981. Antiguos campos de camellones en la región del lago Titicaca. En: La Tecnología en el Mundo Andino, Selección y Preparación. H. Lechtman y A.M. Soldi (eds.), pp. 25-50. Universidad Autónoma de México (UNAM), México.
- SPALDING, K. 1984. Huarochiri: An Andean society under Inca and Spanish rule. Stanford University Press.
- SPENCER J, E. y G. A. HALE. 1961. The origin, nature and distribution of agricultural terracing. *Pacific Viewpoint* 2: 1-40.
- STANISH, C. 1987. Agroengineering dynamics of post-Tiawanaku settlements in the Otoro Valley, Peru. William M. Denevan, W. M., K. Mathewson y G. Knapp (eds.), pp. 337 – 364.
- SWANSON E, H. 1955. Terrace agriculture in the Central Andes. *Davidson Journal of Anthropology* 1 (2): 123-132.
- TAPIA, M. 1989-90. Nota técnica: ecodesarrollo agropecuario en la sierra del Perú. *Zonas Áridas* 6: 145-153. Centro de Investigaciones de Zonas Áridas, Lima.
- . 1996. Ecodesarrollo en los Andes altos. Fundación Friedrich Ebert, Lima, 196pp..
- . 1997. Desarrollo rural en el Perú: los diferentes caminos hacia la sostenibilidad. En: Perú. El Problema Agrario en Debate. *Sepia VI*. Gonzales de Olarte, E., B. Revesz y M. Tapia (eds), pp. 425-464. Seminario Permanente de Investigación Agraria, Lima.
- , H. GANDARILLAS y S. ALANDIA. 1979. La quinua y la cañiwa. Lima, Perú. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA).
- TERZAGHI, K. y R. PEACK. 1978. Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Ed. El Ateneo.
- THOMPSON, D. E. 1969. Incaic installations at Huánuco and Pumpu. En: Actas del XXXVII Congreso Internacional de Americanistas (Buenos Aires), pp. 67 – 73.
- THOMPSON, L. G., M.E. DAVIS, E. MOSLEY-THOMPSON y K. B. LIU. 1988. Pre-Incan agricultural activity recorded in dust layers in two tropical ice cores. *Nature* 336 :763-765.
- THORNBURY, D.W. 1966. Principios de geomorfología. Ed. Kapeluz, Buenos Aires..
- TIMOSHENKO, S. y D. YOUNG. 1966. Elementos de resistencia de materiales. Ed. Montaner y Simón.
- TORRES, J. (coord.) 1999 La Gestión de Microcuencas. Una Estrategia para el Desarrollo Sostenible en la Montañas del Perú: Propuesta. CCTA-Centro IDEAS-CCAIJO, Lima. 224 pp.
- TREACY, J. M. 1987. Building and rebuilding agricultural terrace in the Colca Valley of Perú. En: Yearbook. Proceedings of the Conference of Latin Americanist Geographers. Works, M. A. (ed.), Vol. 13, pp. 51-57. Department of Geography and Anthropology Louisiana State University.
- . 1989a. Agricultural terracing in Peru's Colca Valley: The promises and problems of an ancient technology. En: fragile lands of Latin America strategies for sustentainable development. Browder, J. O. (ed.), pp. 209-229. Boulder, Westview Press.
- . 1989b. The fields of Coporaque: Agricultural terracing and water management in the Colca valley, Arequipa, Peru. Tesis Ph. D., University of Wisconsin, Madison.
- . 1994a. Teaching water-hydraulic management and terracing in Coporaque, The Colca valley, Perú. En: Irrigation at High Altitudes. Mitchell, W. P. y D. Guillet (eds.). *Society for Latin American Anthropology Publications Series*, Vol. 12, pp. 99 – 114.

- . 1994b. The construction of irrigated terraces in the Colca Valley. Shea, D.E. (ed.).
- . 1994c. Las chacras de Coporaque. Andenería y riego en el valle del Colca. Instituto de Estudios Peruanos (IEP), 298 pp., Lima.
- . s/f. The use of soils development indices to study a soil chronosequence from the Peruvian Andes. Manuscrito inédito. Department of Geography. University of Wisconsin, Madison.
- . y W. M. DENEVAN. 1986. Survey of abandoned terraces, canals and houses at Chigra Coporaque. En: Prehispanic Agricultural Fields in the Andean Region. Denevan, W., K. Mathewson y G. Knapp (eds.) British Archaeological Reports. *International Series* 359 (I): 198-220, Oxford.
- . 1994. The creation of cultivable land through terracing. En: The archaeology of Gardenand Field. Naomi F. Miller, N. F. y K. L. Gleason (eds.), pp. 91 – 110. University of Pennsylvania Press, Philadelphia.
- TROLL, K. 1931. Die geografische grundlagen der Andien kulturen und des Inca reiches. *Ibero-Americanisches Archiv* 5: 258-294.
- TRUEBA, A., S. TRUEBA, M. ANAYA-GARDUÑO. 1979. Evaluación de la eficiencia de cuatro prácticas mecánicas para reducir las pérdidas de suelo y nutrientes por erosión hídrica en terrenos agrícolas de temporal. *Agrociencia* 38: 89-100.
- UGENT, D. 1970. The Potato. What is the botanical origin of this important crop plant, and how did it first become domesticated?. *Science* 170: 1161-1166.
- ULLOA, J. De. 1965 [1586]. Relación de la provincia de los Collaguas para la discreción de las Indias que su majestad manda hacer. En: Relaciones Geográficas de Indias. Jiménez de la Espada, M. (ed.). Vol. 183, pp. 326-333. Biblioteca de Autores Españoles, Madrid.
- VALCARCEL, L. 1942. La agricultura entre los antiguos peruanos. *Revista del Museo Nacional* 12: 1-7, Lima.
- . 1965. Historia del Perú antiguo. Tomo I. Editorial Mejía Baca, Lima.
- VALDERRAMA, R. y C. ESCALANTE. 1986. Sistemas de riego y organización social en el valle de Colca. Caso Yanque. *Allpanchis Phuturinga* 27: 179- 202. Instituto de Pastoral Andina, Cusco.
- . 1987. Distribución, manejo y uso del agua de riego en Yanque (valle del Colca). En: Seminario sobre Tecnologías Tradicionales. Primera Reunión de Manejo de Suelos y Agua en la Sociedad Andina (Cieneguilla), Asociación Peruana para el Fomento de las Ciencias Sociales (FOMCIENCIAS), Lima.
- . 1988. Del tata mallku a la mama pacha. Riego, sociedad y ritos en los Andes peruanos. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo (DESCO), Lima.
- VALDIVIA F, R. y J. REINOSO. 1994. Descripción y evaluación del sistema de qochas en el altiplano peruano. En: VIII Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos, Valdivia.
- VAN DER ZEL, H. 1989. Riego en la Sierra: La Experiencia de PRODERM (Proyecto de Desarrollo Rural en Microregiones). CORDE-Cusco. 106 pp. + anexos.
- VAN KESSEL, J. 1990. Tecnología Aymara: un enfoque cultural. En: Tecnología Andina: Una Introducción. Earls, J., E. Grillo, H. Araujo y J. van Kessel. pp. 143-226, La Paz.

BIBLIOGRAFÍA

- VELÁSQUEZ, J. 1996. Diagnostico nacional del uso, manejo y conservación de suelos de ladera en la sierra del Perú. Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria para la subregión Andina (PROCIANDINO). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Lima.
- VERA., E. 1986. Experiencias en el Callejón de Huaylas. En: Andenería, Conservación de Suelos y Desarrollo Rural en los Andes Peruanos. Portocarrero J. (ed.), pp. 31-35. Fundación Friedrich Ebert. Ministerio de Agricultura. Ministerio de Vivienda y Naturaleza, Ciencia y Tecnología Local (NTCL), Lima.
- VILLARÁN, R. 1996 Bases para la elaboración de un perfil medioambiental de la parte alta de la sub-cenca del río Santa Eulalia, empleando un Sistema de Información Geográfica. Informe de la Práctica Profesional en la Especialidad de Geografía. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).Lima. 34 pp. + anexo. (No publicado)
- VOGEL, H. 1987. Terrace farming in Yemen. *Journal of Soil and Water Conservation*, 42 (1):. 18 - 21.
- YOUNG, A. 1969. Present rate of land erosion. *Nature* 224: 851-852.
- WAUGH, R. y J. TREACY. 1986. Hydrology of the Coporaque irrigation system. Denevan, W. M. (ed.), pp. 116 – 148.
- WILLIAMS, L. 1990. Agricultural terraces evolution in Latin America. *Yearbook Conference of Latin Americanist Geographers* 16: 82 – 93.
- WÖRNER G. 1991. Le volcanisme andin. *La Recherche* 228: 38-45.
- WRIGHT, A. S. 1962. Some terrace systems of the western hemisphere and Pacific Islands. *Pacific viewpoint* 3: 97 – 105.
- ZAPATA, J. 1990. Una estructura funeraria Huari en Batán Orq'o, Cusco. *Saqsaywaman* 1 (3): 39-53. Instituto Departamental de Cultura, Cusco.
- ZEGARRA, J. 1978. Irrigación y técnicas de riego en el Perú pre-colombino. En: Tecnología Andina. Ravines, R. (comp.), pp. 107-116. Instituto de Estudios Peruanos (IEP), Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC), Lima.
- ZIMMERER, K. 1994. Transforming Colquepata Wetlands: Landscapes of knowledge and practice in Andean agriculture. En: Irrigation at light altitudes: the social organization of water control systems in the Andes. Mitchell, W. P. y D. Guillet (eds.), Vol. 2, pp. 115-141. Society for Latin American Anthropology Publication Series. American Antropological Association, Washington D.C.
- ZVIETCOVICH, G. 1986. Terrazas agrícolas y agricultura tradicional en el valle del Colca-Coporaque. Lima, Perú. En: Andenes y Camellones en el Perú Andino: Historia, Presente y Futuro. De la Torre, C. y M. Burga, (eds.), pp. 171-179. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), Lima.



CARLOS A. LLERENA

Carlos Alberto Llerena Pinto, nació en Lima, Perú, en 1950, estudió en el Colegio Salesiano de Breña (promoción 1966), se graduó en Ciencias Forestales en la Universidad Nacional Agraria La Molina en Lima en 1974 y obtuvo su M.Sc. en la Universidad de Alberta, en Edmonton, Canadá, en 1987. Es docente del Departamento de Manejo Forestal de la UNALM desde 1975 y Profesor Principal desde 1993. Enseña los cursos de Ordenación de cuencas e Hidrología forestal y es Investigador Principal del proyecto Análisis y Manejo de Ríos de la Amazonia Andina (AARAM-Perú), Co-Investigador Principal del proyecto Estudio de Procesos Erosivos en Áreas Montañas del Perú, impulsor del Grupo MAP (Madre de Dios-Acre-Pando), asociado individual fundador del Instituto de Promoción para la Gestión del Agua (IPROGA) y miembro del Comité Asesor del proyecto europeo Demostración de Tecnologías de Observación de la Tierra en Servicios de Asesoría en Riego (DEMETER), así como del Comité Científico Internacional del proyecto liderado por Brasil, Experimento a Gran Escala en la Biósfera-Atmósfera de la Amazonia (LBA). Es autor de unos 40 artículos científicos y consultor en temas de manejo de cuencas, hidrológico-forestales y de cambios globales. Foto: con la cantuta (*Cantua buxifolia*) flor nacional del Perú, en San Juan de Iris (1996).



MOSHE INBAR

Nació en Buenos Aires, Argentina (como Moisés Niselbaum) en 1932. Es Doctor en Ciencias de la Tierra, graduado en la Universidad Hebrea de Jerusalén. Profesor titular en el Departamento de Geografía de la Universidad de Haifa en Israel y Director del Laboratorio de Geomorfología; investigador en los campos de Desastres Naturales, Geomorfología Volcánica, Procesos de Erosión e Hidrogeomorfología. Realizó investigación científica en Israel, España, Sudáfrica, Australia, Antártida, México, Argentina, Chile y Perú. En el Perú desde 1990 colabora con investigadores de la UNALM en el estudio de procesos de erosión en andenes agrícolas como Investigador Principal del proyecto: Estudio de Procesos Erosivos en Áreas Montañas del Perú. Es miembro fundador y Presidente de la Comisión de Degradación de Tierras y Desertificación (COMLAND) de la Unión Geográfica Internacional. Es autor y editor de 7 libros y cerca de 100 artículos publicados en libros y revistas internacionales. Foto: en Upica, San Pedro de Casta, con la chaquitaklla, arado personal andino de origen incaico cuyo uso continúa en la actualidad, en especial en laderas y andenes (1996).



MARIA A. BENAVIDES

Maria Angélica Matarazzo de Benavides nació en Sao Paulo, Brasil en 1921. En 1942 se casó con el ciudadano peruano Oscar R. Benavides en Buenos Aires, Argentina. Desde 1943, vive con su esposo en el Perú, donde nacieron sus nueve hijos. Es historiadora graduada en la Universidad de Washington, St. Louis en 1980; y Master en Estudios Latino Americanos de la Universidad de Texas, Austin, en 1983, en las especialidades de Antropología e Historia. Fue profesora de Antropología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Lima, en pre y post-grado; y de post-grado en el Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas del Cusco. Ha publicado numerosos artículos sobre la etnohistoria andina, especialmente del valle del río Colca, en Arequipa, Perú. A partir de 1977, investigó la inmigración china a Sao Paulo, Brasil, y a Lima, Perú. Acaba de publicar su autobiografía titulada Pura Vida. Es socia activa de la Sociedad Geográfica de Lima y de la Asociación Latino Americana de Estudios de Asia y África (ALADAA). Foto: en una de sus numerosas visitas a Curiña, Yanque, con andenes del valle del Colca en el fondo (1996).



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
UNIVERSIDAD DE HAIFA - ISRAEL

Proyecto TA-MOU-C12-006
Programa US - Israel AID/CDR



Lima, Perú
2004