

EL SUBAPROVECHAMIENTO DEL SUELO DEL SISTEMA DE ANDENERÍA DE
LA COMUNIDAD CAMPESINA SAN PEDRO DE LARAOS, HUAROCHIRÍ, LIMA

Katiusca Susana Yakabi Bedriñana
Pontificia Universidad Católica del Perú
a20094327@puccp.pe

RESUMEN

Los sistemas de andenería son una tecnología prehispánica utilizada en los Andes para ampliar la frontera agrícola, llegándose a convertir en una importante fuente de alimentos para los Incas. Investigaciones señalan que la productividad de las tierras fue resultado de la forma de construcción de los andenes, pero son pocos los estudios que analizan la condición fértil del suelo propiamente. Para demostrar la fertilidad del suelo de los andenes, se compararon las propiedades físicas y químicas del suelo en tres zonas: andenes en descanso, andenes abandonados y ladera sin andenes, todos pertenecientes al sistema de andenería de la localidad de San Pedro de Laraos, provincia de Huarochirí, Lima. En los tres sectores predomina la textura franca. El pH se encuentra dentro del rango de mayor disponibilidad de nutrientes (5,5 a 7,5), con excepción de dos puntos en la ladera sin andenes. La conductividad eléctrica presenta rangos que califican al suelo de las tres zonas como «no salinos» (0,174 – 0,683 dS/m). La materia orgánica está en los porcentajes adecuados (3-5%), sobre todo en los andenes en descanso, que de igual manera tenían los contenidos más elevados de NPK. Se concluye que el suelo de las tres zonas no difiere significativamente en sus parámetros físicos, pero sí en los parámetros químicos, especialmente en los contenidos de macronutrientes, siendo los andenes en descanso los que presentan valores dentro de los rangos ideales. Sin embargo, la comunidad larahuina no aprovecha la fertilidad de sus suelos, dejando sus andenes abandonados y en proceso de deterioro.

Palabras clave: fertilidad del suelo, andenería, subaprovechamiento, Huarochirí

Under-utilization of the Terracing System Soil in the Rural Community of San Pedro de Laraos, Huarochirí, Lima

ABSTRACT

Highland terracing systems are a technology used in the ancient Andes to expand the agricultural frontier; then, that technology became an important source of food for the Incas. Research shows that the productivity of land was due to the form of construction of the platforms, but there are few studies that analyze soil fertility. In order to demonstrate the fertility in the terraces, soil physical



and chemical properties were compared in three different sectors: terraces at rest, abandoned terraces and a hillside with no technology. They all belong to the terracing system of San Pedro de Laraos town, in Huarochiri, Lima. In all three sectors loam predominates. The soil pH is within the range of high bioavailability of most nutrients (5.5 to 7.5), except for two points on the slope without platforms. The soil electrical conductivity presents ranges that qualify the three areas as «no saline» ($< 2 \text{ dS / m}$). The organic matter is in the appropriate percentages (3-5%), especially on the terraces at rest, which also have the highest content of NPK. In conclusion, the soil of the three zones does not differ significantly in their physical parameters, but it differs in the chemical parameters, especially in the content of macronutrients; the better range is in terraces at rest. However, the community of Laraos does not take advantage of its soil fertility; actually, most of their terracing system is abandoned and the structures are in a deterioration process.

Keywords: Soil fertility, highland terracing, under-utilization, Huarochiró

INTRODUCCIÓN

En los valles andinos del Perú, uno se encuentra con un paisaje rural dominado por laderas empinadas cubiertas por plataformas desde su base hasta muy cerca a la cima, una zona impensable de acceder y hacerla productiva. Sin embargo, en tiempo de los Incas, los sistemas de andenería se convirtieron en una fuente importante de producción de alimentos; por ejemplo, el rendimiento por hectárea (ha) del cultivo de maíz podía llegar a ser de 3000 kg (Santillana, 1999, p. 90). Los elevados rendimientos de producción se atribuyen al suelo fértil en los andenes, resultado de la estructura y los materiales con los que estaban contruidos, pero no hay estudios que demuestren que, efectivamente, el suelo tiene los parámetros edafológicos para ser considerado fértil. En realidad, investigaciones sobre el suelo en andenes son sumamente escasas; por ejemplo, Chilón (1988) estudió sobre el uso productivo de los andenes en San Pedro de Casta; Llerena e Inbar (2000) se enfocaron en la erosión de suelos en los andenes de San Juan de Iris, y Maldonado y Gamarra (1945) realizaron un análisis físico y químico a distintas profundidades de un andén.

La presente investigación busca corroborar la fertilidad del suelo en andenes a partir de análisis de las propiedades físicas y químicas más importantes. De esta manera, se contribuye con el vacío de conocimiento en el campo de la edafología y se trabaja un aspecto más a considerar para la puesta en valor de los sistemas de andenería.

1. AGRICULTURA Y SISTEMAS DE ANDENERÍA

Los sistemas de andenería son una tecnología prehispánica con la que se acondicionó la compleja topografía andina. Los andenes son plataformas horizontales a subhorizontales continuas, sostenidas por muros de piedra y contruidas de forma escalonada en las laderas de cerros con pendientes entre 4 a 60% (Blossiers, Deza, León & Samamé, 2000, p. 99).

Con dicha tecnología, las sociedades andinas prehispánicas ampliaron su frontera agrícola, al obtener una superficie horizontal y un suelo mejorado; asimismo, pudieron hacer un uso racional y eficiente del recurso agua, con la implementación de canales de irrigación asociados a la estructura del andén (Kendall & Rodríguez, 2001, 2009).

La reducción de la inclinación de la plataforma y el control del agua por medio de los canales de regadío disminuyen la erosión del suelo superficial; ello posibilitó una agricultura intensiva, sobre amplias extensiones, dentro de la medida de lo posible, y no rotativa, que duplicó la producción (Kendall, 2008, p. 18). El aumento en las cosechas puede corroborarse hasta el día de hoy; estudios realizados por PRONAMACHCS reportan que productos, como papa, maíz, trigo, cebolla y rabanito, cultivados en andenes presentan un incremento de producción del 142,1 % para la papa, 13% para el maíz, 53% para el trigo, 57% para la cebolla y 199% para el rabanito, comparado con la producción en una parcela testigo a la que se le aplicó abono orgánico (Blossiers et al., 2000, p. 211).

El aumento de la producción se asocia a la mejora en la fertilidad de los andenes por medio del traslado de suelos con buenos nutrientes a las plataformas y el empleo de abono natural para mantener la cualidad fértil (Santillana, 1999, p. 80). El propio material de construcción contribuye a tener las condiciones de humedad y temperatura ideales para promover la actividad microbiológica (Kendall & Rodríguez, 2009, p. 100). Por un lado, el contenido de agua en la estructura se regula de forma natural; el agua se drena a través de los siguientes elementos: 1) rellenos, 2) canalillos construidos verticalmente en el talud o 3) fisuras naturales y uniones que hay entre las piedras del muro, estas últimas, a su vez, sirven para oxigenar el suelo (Santillana, 1999, p. 83). Por otro lado, en cuanto a la temperatura, los andenes cumplen la función de controlador micro-climático. Durante el día, el muro de piedras absorbe y almacena el calor del sol, para luego irradiarlo por la noche, desviando los vientos y abrigando los sembríos (Santillana, 1999, p. 83; Kendall & Rodríguez, 2009, p. 99).

2. FERTILIDAD DEL SUELO

La fertilidad es la cualidad con la que cuenta el suelo para el abastecimiento de nutrientes en cantidades apropiadas y en un balance adecuado que permita el desarrollo de la vegetación, así como la relación adecuada de los sólidos, aire y agua para su crecimiento (Zavaleta, 1992, p. 17, 61). Está determinada por dos conjuntos de factores: naturales y técnicos. En el primer conjunto se consideran a las condiciones climáticas del medio (insolación, temperatura, vientos, precipitaciones, etc.); y a las características edáficas inherentes del suelo, centro de la presente investigación. Los factores técnicos involucran los aspectos sobre los que el hombre tiene acción; por ejemplo, la instalación de un sistema de irrigación y drenaje, el sistema de labranza y cultivo,

la mejora del suelo a través de agroquímicos, la protección frente a las heladas, entre otros (Gallegos, 1997, p. 12).

La cualidad fértil resulta de la interacción entre sus propiedades edáficas, que son de tres tipos: físicas, químicas y biológicas. La presente investigación solo aborda las propiedades físicas —textura y densidad aparente (D.A.)—, las cuales se reflejan en el comportamiento mecánico del suelo y son expresión del balance existente entre los componentes del suelo: las partículas, el contenido de agua y de aire (Zavaleta, 1992, p. 61), y químicas —potencial de Hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (C.E.), contenido de macronutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), y contenido de materia orgánica (M.O.)—, las cuales participan en el aporte de los nutrientes en el suelo.

3. ÁREA DE ESTUDIO

Dimensión físico-natural

El sistema de andenería estudiado pertenece a la Comunidad Campesina San Pedro de Laraos (Figura 1), próximo al centro poblado, capital del distrito con el mismo nombre, provincia de Huarochirí, en el departamento de Lima. Geográficamente, está comprendido entre los 11°39'57.95" y 11°40'43,77" latitud sur y entre los 76°32'10,77" y 76°33'33.65" longitud oeste, a 90 km aproximadamente al noreste de la ciudad de Lima, y por encima de los 3200 msnm (Figura 2).



Figura 1. El sistema de andenería de la comunidad campesina San Pedro de Laraos.
Foto: K. Yakabi, abril de 2014.

Dado la altitud a la que se encuentra, Laraos presenta un clima templado frío, con una temperatura media anual de 13 °C, y con precipitaciones anuales alrededor de los 481,7 mm, siendo febrero y marzo los meses de mayor intensidad (Chilón, 1988). Los inviernos son secos, y los veranos son lluviosos y húmedos. Hay años en los que hay exceso de lluvias, con intensidad anormal en mayo, y del otro extremo están las sequías que ocurren entre agosto y octubre; ambos eventos provocan la pérdida de cultivos, y en el caso de las sequías, también del ganado. Asimismo, las heladas son frecuentes, especialmente entre mayo y junio, y ocasionan la quema de pastos y forrajes.

Como recursos hídricos, el distrito cuenta con varias quebradas, secas e intermitentes, lagunas —siendo la principal y de mayor tamaño la laguna Quiulacocha— y el mismo río Santa Eulalia (Figura 3).

Las laderas de Laraos presentan suelos *Oxic Haplustolls* (USDA Soil Taxonomy), según la caracterización de los suelos de ladera en la subcuenca Santa Eulalia hecha por Masson (1983). Este tipo de suelo se caracteriza por haberse desarrollado sobre un material parental coluvial; presenta una profundidad efectiva que varía alrededor de los 60 cm; es de textura media, pH ligeramente ácido, sin carbonatos en el perfil, con contenido medio de M.O. y N en los horizontes superiores y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) es alto. Dichos parámetros físicos y químicos indican un suelo fértil (Masson, 1993; citado por López, 1998, p. 76).

En las condiciones geográficas descritas crecen especies subxerofíticas de las familias euforbiácea, cactácea, amarilidácea, leguminosa, graminácea y compuestas, que pueden soportar largos periodos de sequía (López, 1998, p. 78). Especies herbáceas y gramíneas cubren la superficie de las laderas en mayor o menor densidad según la cantidad de precipitaciones, y arbustos y árboles crecen conformando pequeños parches. Entre las especies frecuentes de árboles están los alisos, eucaliptos y quishuas, que son aprovechados como leña y madera. Además, los árboles son utilizados como barrera frente a las heladas, y para retener el suelo y reducir el volumen de sedimentos que serían transportados por las acequias; por ello, los plantan al interior de las parcelas y al borde de las acequias.

En cuanto a su fauna, en este ambiente existe gran diversidad de artrópodos, que viven en la capa superficial del suelo, donde se acumulan los residuos orgánicos frescos. Ejemplos de artrópodos son las moscas, escarabajos, arañas, hormigas, entre otros; estos son un aporte a la biomasa, y cumplen un rol fundamental en la fragmentación, transformación, trituración y adecuación de la M.O. para que los microorganismos realicen el proceso de mineralización y/o humificación (Jaramillo, 2002). Otros animales del lugar son las aves, como el cóndor y la perdiz; esta última hace sus nidos en el interior de las laderas, perjudicando a los agricultores, pues excavan en cualquier sitio de la ladera, hasta en los andenes. En el caso de mamíferos, a este ecosistema pertenecen la vizcacha, el zorro andino y los auquénidos, siendo la llama la especie más frecuente.

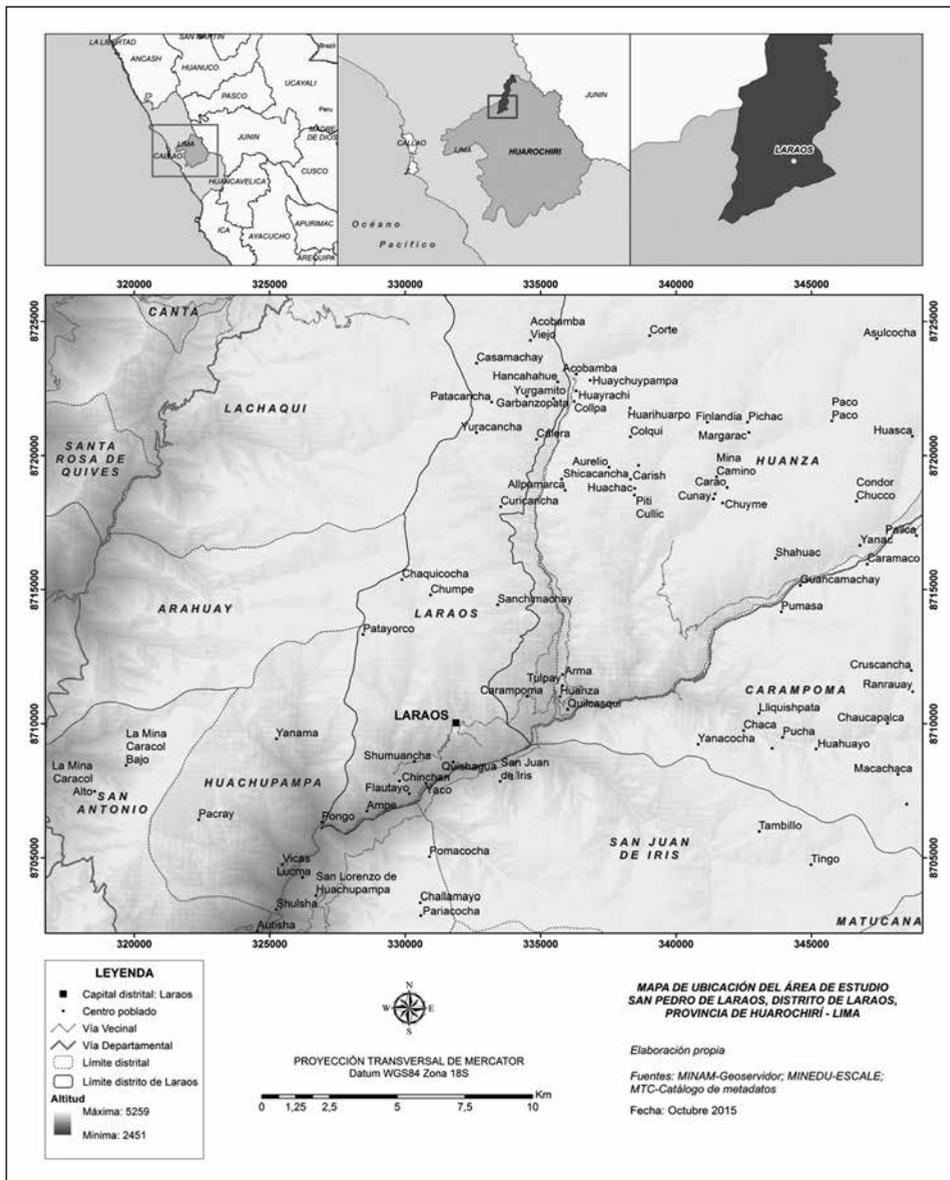


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio: centro poblado urbano de Laraos, capital del distrito de Laraos

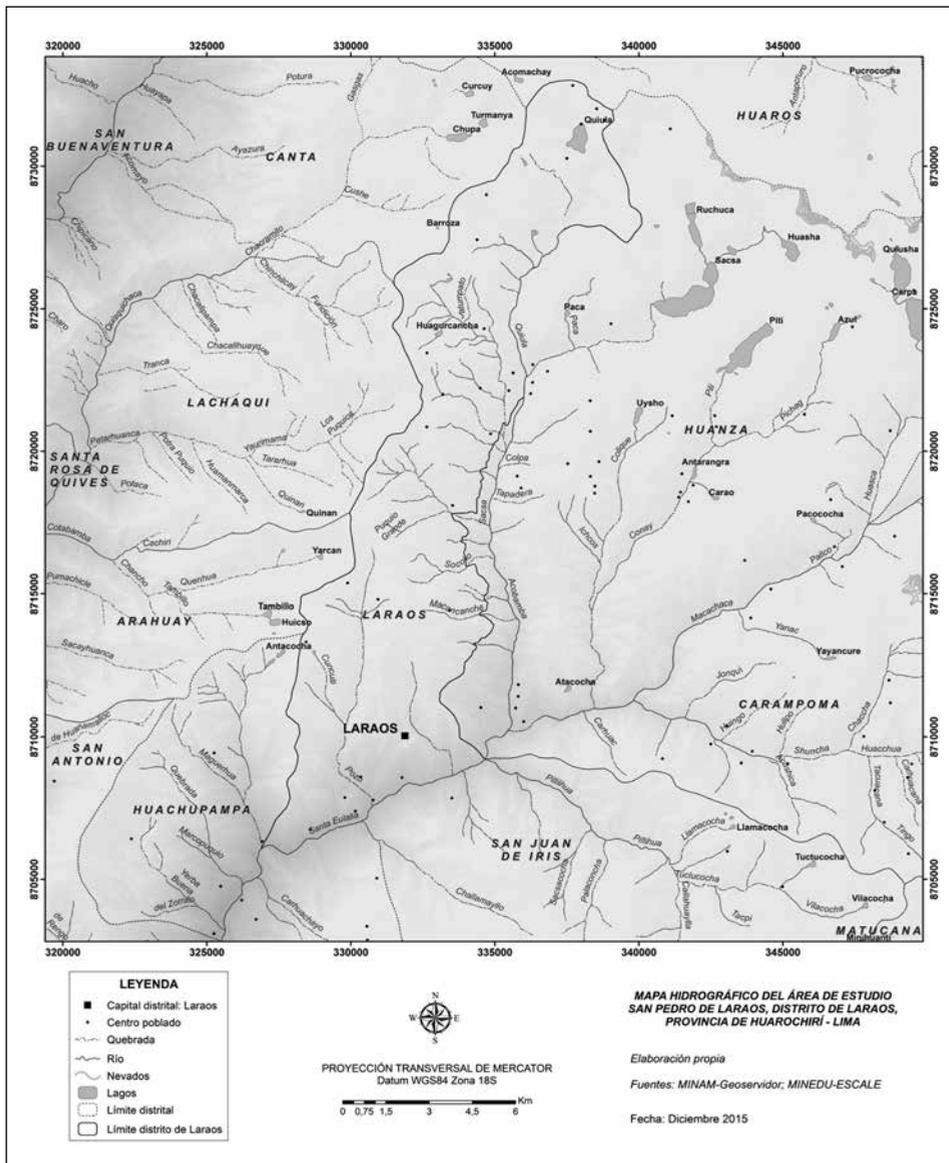


Figura 3. Mapa de hidrografía del área de estudio, distrito de San Pedro de Laraos

Dimensión humana

El distrito de Laraos presenta un total 1234 habitantes, entre su centro poblado urbano (97,89%) y la población dispersa (2,11 %). Si se compara el total de habitantes en los tres Censos Nacionales, al parecer ha habido un incremento de la población entre el periodo 1981-2007, pasando de 514 a 1234 habitantes. Sin embargo, las estadísticas no se reflejan en el campo, pues son pocos los individuos que viven permanentemente en pueblo. Gran parte de la *población* trabaja en Lima o en otras localidades con mayor dinamismo económico y comercial, lo que la lleva a migrar o salir de Laraos durante los días de semana.

Las actividades económicas que predominan en el lugar son la agricultura y ganadería. Alrededor del 50% de la PEA larahuina practica la agricultura (entre agricultores y trabajadores calificados, explotadores agrícolas y peones de labranza) en una superficie agrícola de 131,38 has (Agencia Agraria, 2012). Según datos de la Agencia Agraria Santa Eulalia, los principales cultivos en la zona son alfalfa, papa, maíz amiláceo y olluco, pero también se siembran haba grano verde, mashua y oca. El cultivo con mayor superficie agrícola es la alfalfa, con 36 ha para el periodo 2013-2014, el cual es aprovechado como forraje. La apuesta por este cultivo se debe a su mayor resistencia frente a las heladas, y a que su presencia estabiliza la ladera y evita la erosión. Son pocos los agricultores que se arriesgan a sembrar papa, ya que pueden perder su producción a causa de las condiciones adversas del clima o por plagas, como la gusanera.

Muchos de los agricultores se dedican también a la ganadería, haciéndolas actividades complementarias; la agricultura aporta con alimento para el ganado, y este contribuye con abono natural a través de su excremento. Según datos de la Agencia Agraria Santa Eulalia, en Laraos se tienen ganados vacunos (1230 cabezas), ovinos (3546 cabezas), caprinos (250 cabezas) y porcinos (16 cabezas); así como gallinas (50 cabezas), llamas (600 cabezas) y vicuñas (70 cabezas). El ganado vacuno es el que da los mayores aportes a la economía comunal, pues se aprovecha como fuente de carne, cuero y leche. A partir de la leche se ha desarrollado una pequeña industria artesanal de lácteos en el pueblo; cuentan con un centro de acopio, a donde llegan los porongos de leche para ser pasteurizados y, posteriormente, transformar el insumo en productos derivados como queso fresco y andino, y mantequilla.

4. METODOLOGÍA

En la presente investigación se utilizó la estrategia metodológica de la edafología, que incluye trabajos en campo y trabajos en laboratorio donde se siguieron procedimientos de la química analítica. Además, se aplicaron métodos de la geografía humana, que son la observación directa y la entrevista semiestructurada. Para el desarrollo de la investigación se planteó el esquema de trabajo mostrado en la figura 4.

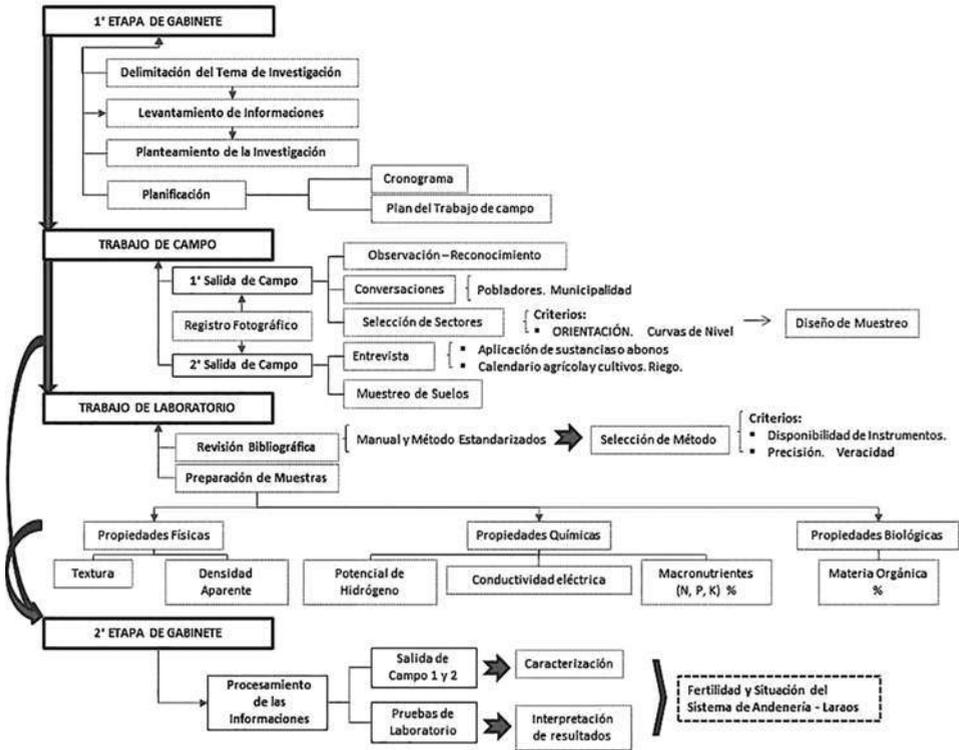


Figura 4. Esquema metodológico para el desarrollo de la investigación

Trabajo de campo

Se hizo un reconocimiento del área de estudio que consistió en la observación de los elementos naturales y de las principales actividades humanas practicadas en el lugar. Asimismo, se recorrió el sistema de andenería donde, a partir de la observación y la información proporcionada por la comunidad, se identificaron diferentes zonas según su estado de conservación y uso para realizar el diseño de muestreo de suelos.

El muestreo de suelos es el principal método en un estudio de suelos, y de este depende la fiabilidad de los resultados en las posteriores evaluaciones; por ello, los puntos elegidos deben ser representativos del lugar. La delimitación de las zonas homogéneas y la selección de los puntos estuvieron en función de las características del sistema de andenes y los objetivos del trabajo (Buduba, 2004, p. 9).

Se delimitaron tres zonas para comparar sus propiedades físicas y químicas: zona A (TA), que correspondían a andenes en descanso, y cuya siembra anterior fue hace cinco años; zona B (TB), andenes en abandono; y zona C (TC), una ladera sin andenes.

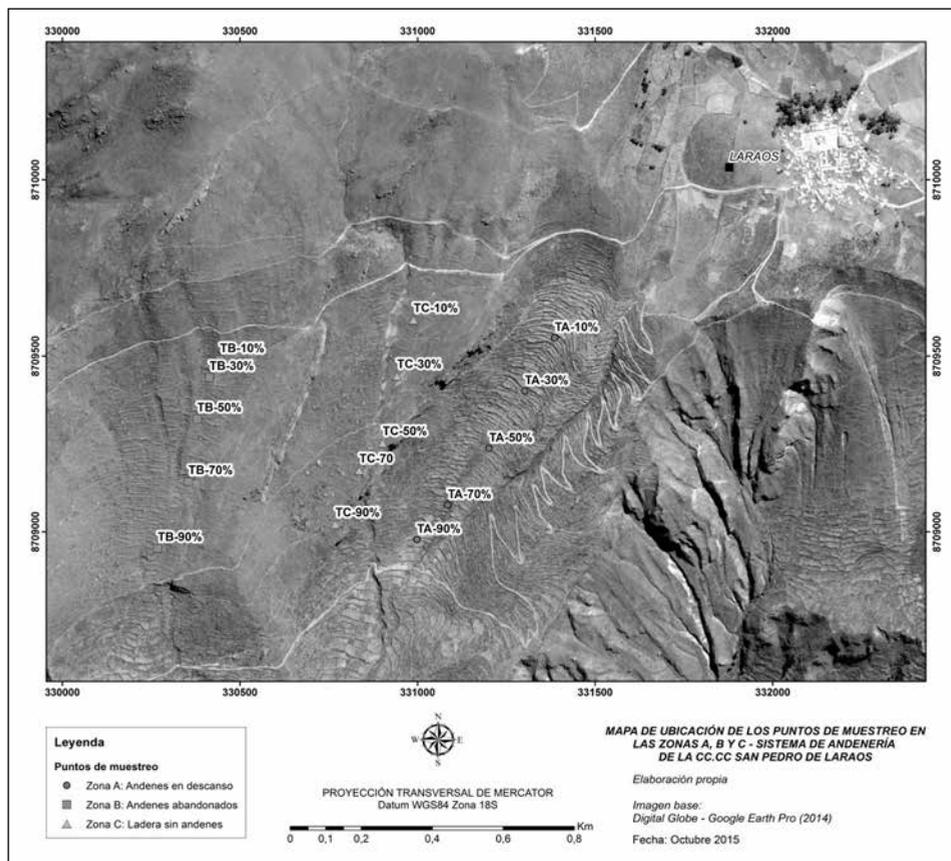


Figura 5. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo en las zonas A, B y C.

El muestreo fue *sistemático*; la elección de los puntos se hizo en función de la gradiente altitudinal y se buscó que estuvieran en una misma orientación y en curvas de nivel similares, para reducir los factores de variabilidad. En cada zona se tomaron cinco muestras cuyos puntos corresponden al 10%, 30%, 50%, 70% y 90% de la longitud total del transecto altitudinal (Figura 5). Se recogió el suelo superficial, a partir de los 15 cm de profundidad. La recolección de las muestras se realizó en marzo de 2013.

Además, se entrevistó a tres dirigentes de la Municipalidad del distrito de Laraos y al miembro de la comunidad con mayor experiencia en andenes. Las entrevistas fueron la herramienta para recoger información específica para profundizar en los siguientes aspectos: aplicación de sustancias que alteren la composición del suelo, calendario agrícola y cultivos en la zona, y uso y mantenimiento de los andenes.

Trabajo de laboratorio

Las muestras de suelo se trabajaron en el Laboratorio de Química Ambiental de la Sección Química de la PUCP. Los métodos de laboratorio utilizados fueron los siguientes: textura por la norma ASTM D422-63 (ASTM, 2007); D.A. por el método del cilindro biselado (USDA, 1999, pp. 9-10; Jaramillo, 2002, pp. 187); pH y C.E. por lectura del extracto de relación suelo:agua 1:1 (Jaramillo, 2002, p. 348); y M.O. por la norma ASTM D2974-07 (ASTM, 1995). Por otro lado, los contenidos de macronutrientes NPK en las muestras se midieron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM): N total por método micro Kjeldhal, P disponible por Olsen modificado, y K disponible por extracción con acetato de amonio 1 N, pH 7.0.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comunidad campesina San Pedro de Laraos tiene una superficie andenada de 80 ha aprox, la cual data del Periodo Horizonte Temprano (800 a.C.), y se encuentran por debajo de los 3600 msnm, a diferencia de las laderas con parcelas delimitadas por picas, las cuales se ubican por encima de los 3700 msnm y que, a primera vista, podrían confundirse con andenes, pero en realidad son corrales para el ganado. Los andenes se distinguen por su plataforma casi horizontal, cuyo ancho puede variar desde 6 hasta 17 m, y la altura promedio de los muros de piedra es de 2,50 m. En su mayoría estaban cubiertas por pastos, arbustos o cactus.

Para el riego, la comunidad cuenta con lagunas —la más importante la laguna Quiulacocha—, puquiales, acequias y un reservorio, de los que se deriva el agua solo hacia el sector de andenes más cercano al pueblo, denominado *Limpe* y que coincide con la zona A del muestreo, y cuya irrigación es por medio de zanjas de infiltración y canales de regadío construidos en conjunto con las plataformas. El resto de andenes tiene una agricultura por secano, gracias a las precipitaciones y la humedad del entorno que se condensa sobre la superficie de las laderas.

Por las conversaciones con los comuneros se sabe que a cada uno se le ha asignado un determinado número de parcelas a sembrar, pero el sistema de andenería sigue siendo de propiedad comunal, y es en las asambleas ordinarias que se decide las especies a cultivar, y en función de ellas se programa el calendario agrícola. Por ejemplo, en enero y agosto se cultiva la papa mahuyay, que se siembra en *Limpe* al necesitar irrigación, mientras que en octubre se siembra una variedad de papa a la que le es suficiente el riego por secano; entre agosto y setiembre se siembra haba, y entre setiembre y octubre se siembra olluco.

Tabla I. Resultados de los análisis en laboratorio y su clasificación para la textura y pH

Punto de muestreo	Propiedades físicas		Propiedades químicas						
	Clasificación Textural	D.A (g/cm ³)	pH	Clasificación del pH	CE (dS/m)	N(%)	P(ppm)	K(ppm)	M.O(%)
TA-10%	Franca	1,35	6,90	Neutro	0,405	0,15	11,8	108	5,01
TA-30%	Franca	1,68	6,45	Ligeramente ácido	0,554	0,12	12,5	503	3,86
TA-50%	Franco Arenosa	1,61	6,27	Ligeramente ácido	0,592	0,15	17	284	4,24
TA-70%	Franco Arenosa	1,72	7,28	Neutro	0,683	0,18	8,1	354	5,25
TA-90%	Franco Arcillosa	1,75	7,30	Neutro	0,352	0,15	6,2	158	5,01
TB-10%	Franca	1,51	7,08	Neutro	0,175	0,06	3,1	104	4,72
TB-30%	Franca	1,65	7,48	Ligeramente alcalino	0,183	0,08	2,4	42	4,71
TB-50%	Franco Arcillosa	1,46	7,27	Neutro	0,223	0,01	2,7	122	5,94
TB-70%	Franca	1,78	7,43	Ligeramente alcalino	0,195	0,08	1,8	46	3,30
TB-90%	Franca	1,95	7,37	Ligeramente alcalino	0,266	0,08	2,8	93	2,91
TC-10%	Franca	1,66	6,61	Ligeramente ácido	0,222	0,08	2,4	81	4,28
TC-30%	Franca	1,83	6,45	Ligeramente ácido	0,183	0,06	1,9	55	2,67
TC-50%	Franco Arenosa	1,58	6,39	Ligeramente ácido	0,206	0,14	1,7	139	6,13
TC-70%	Franco Arenosa	1,65	7,61	Ligeramente alcalino	0,312	0,01	1,5	80	4,73
TC-90%	Franca	1,63	8,09	Moderado alcalino	0,483	0,13	2,4	135	5,32

Elaboración propia. Tabla presentada en el XX Congreso Latinoamericano y XVI Congreso Peruano de la Ciencia del Suelo

Las pruebas en laboratorio tuvieron los siguientes resultados, presentados en la Tabla I. El suelo muestreado indica que en las tres zonas predominan suelos de textura media o franca, considerada como la ideal al ser fácilmente laborable (Navarro & Navarro, 2003, p. 25) y presentar un equilibrio entre permeabilidad y capacidad de retención del agua en el suelo (Minag, 2011). Los porcentajes de arcilla son mayores en las dos zonas con andenes (A = 16,2% - 27,02%; B = 17,60% y 24,20%), frente al suelo de la zona C (10,94% y 20,22%); ello se debería a que las plataformas, al estar en sentido horizontal o con una pendiente ligera, no exponen el suelo directamente a los efectos erosivos del viento y de las precipitaciones, evitando la disgregación de las partículas o la movilización del suelo superficial (Gustafson, 1957; citado por Cotler, 1986, p. 13). Así, se puede decir que la estructura de construcción de los andenes ejerce control sobre la erosión, lo que favorece la retención de partículas finas. La presencia de arcilla en C se mantiene porque tiene cobertura vegetal, al igual que los andenes, que protege a la capa superficial del suelo, sobre todo frente a la escorrentía superficial (González, Echevarría & Pellicer, 1994).

La textura del suelo tiene relación con su D.A.; así, cuanto más fina la textura, menor debe ser el valor de una D.A. ideal. Sin embargo, en las tres zonas se tienen valores por encima del rango de referencia, que en el caso de suelo con textura media sería entre 1,40 - 1,60 g/cm³ (4 puntos en A = 1,61 - 1,72 g/cm³; 3 puntos en B = 1,65 - 1,95 g/cm³; 4 puntos en C = 1,63 - 1,83 g/cm³). Esto indicaría una compactación del suelo, que podría deberse a factores como el volumen acumulado de las precipitaciones,

el paso del ganado, o los años en que la tierra no ha sido removida, pero que tendría solución mediante la labranza.

Las arcillas influyen en el comportamiento físico del suelo, pero también inciden en su aspecto químico. Esta clase de partículas presenta un comportamiento coloidal; es decir, presentan cargas negativas que les permite atraer y retener cationes (como Ca, Mg, K, Na, H y Al), convirtiéndose así en una reserva de nutrientes (Minag, 2011). Sin embargo, que el suelo presente nutrientes no necesariamente significa que se encuentren disponibles para que los cultivos los asimilen; ello depende del nivel de pH del suelo, cuyo rango ideal está entre 5.0 y 7.5 (Minag, 2011, p. 15).

El pH de los suelos muestreados va desde ligeramente ácido, neutro, ligeramente alcalino hasta moderadamente alcalino (6,27 a 8,09); en las tres zonas el pH está en torno al ideal. Las condiciones de pluviosidad acidifican la reacción del suelo, ya que el exceso de precipitaciones hace que los iones solubles se pierdan por lixiviación (Navarro & Navarro, 2003, p. 119). Sin embargo, pese a estar en época de lluvias continuas, el pH no baja de ligeramente ácido, y en esto juegan un papel importante las partículas de arcilla y la M.O., pues otorgan al suelo la capacidad de amortiguación para resistir a modificaciones de su pH.

Otro aspecto en el que influyen los niveles de precipitación es en la acumulación de sales. Por estar en condiciones húmedas, los suelos resultaron no salinos (< 2 dS/m); la cantidad de sales se redujo por lixiviación. Si bien los valores significativos no son significativos, los puntos en la zona A presentan una C.E. más elevada ($A = 351,81$ y $683,27$ $\mu\text{S}/\text{cm}$; $B = 174,84$ y $265,64$ $\mu\text{S}/\text{cm}$; $C = 183,25$ y $482,69$ $\mu\text{S}/\text{cm}$). Las tres zonas están sometidas a las mismas condiciones naturales, por lo que se descarta una salinidad de origen natural. El manejo del suelo, la aplicación de abono y la calidad de las aguas del sistema de riego son algunas de las causas para una salinidad de origen antrópico (USDA, 2011). De los factores mencionados, los canales de riego son exclusivos de A. La calidad de sus aguas podría estar afectada porque los comuneros arrojan desechos a las acequias alrededor del pueblo (Figura 6); asimismo, el ganado se acerca hasta las acequias, dejando su excremento y los residuos que transporta en sus patas (Figura 7).

El contenido de M.O. está condicionado por el clima y la vegetación principalmente, pero a nivel local está determinado por la fisiografía, la naturaleza del material parental y el sistema de manejo agrícola (Zavaleta, 1992, p. 132). En Laraos, las temperaturas son bajas lo que retarda la descomposición de los restos animales y vegetales, que son fuente natural de M.O., haciendo que se acumule en el suelo superficial. Un aporte adicional importante lo da el excremento del ganado, presente en muchas de las plataformas de los andenes (Figura 8). Si bien los comuneros no tenían planeada la siembra, la aplicación del excremento es una forma para restituir los nutrientes al suelo durante el barbecho. Por ello, las tres zonas presentan porcentajes de M.O. medios a altos ($A = 3,86\% - 5,25\%$; $B = 2,91\% - 5,93\%$; $C = 2,66\% - 6,13\%$).



Figura 6. Acequia con desechos domésticos a la salida del pueblo
Foto: K. Yakabi, mayo de 2012.



Figura 7. Una cabeza de ganado vacuno bebiendo de una acequia. Foto: K. Yakabi, mayo de 2012.



Figura 8. Excremento de ganado en la plataforma de un andén (punto TB-70). Foto: K. Yakabi, marzo de 2013

La materia orgánica tiene efectos beneficiosos en las propiedades físicas y químicas del suelo. Por un lado, la mayor presencia de M.O. aumenta la cantidad de macroporos y, con ello, el volumen de aireación, mejorando la circulación del aire. Por otro lado, aumenta la velocidad de infiltración y circulación del agua al interior del suelo, con lo que favorece a su permeabilidad (Porta, López-Acevedo & Roquero, 2003, p. 169). Ambas características del suelo están relacionadas con D.A., es por ello que existe una correlación indirecta, con excepción de la zona A ($r = -0,692$; $Ar = -0,065$; $Br = -0,945$; $Cr = -0,967$); es decir, a un mayor contenido de M.O., la D.A. del suelo disminuye.

En cuanto a la presencia de macronutrientes NPK, solo la zona A presenta los contenidos medios a ricos de N total (0,12% – 0,18%), y medios a altos en P y K disponibles (8,1 – 12,5 ppm; 108 – 503 ppm, respectivamente) Los menores contenidos de NPK están en la zona B (N = 0,01% – 0,08%; P = 1,8 – 3,1 ppm; K 42 – 122 ppm) y C (N = 0,01% – 0,14%; P = 1,5 – 2,4 ppm; K 55 – 139 ppm) En las tres zonas, la temperatura y humedad inciden de la misma manera; por lo que son otros los factores que influyen; por ejemplo, la cobertura vegetal.

Como consecuencia de las condiciones climáticas de la época, las laderas y andenes estaban completamente cubiertas por vegetación, que si bien sus restos constituyen un aporte de macronutrientes, primero necesitan asimilarlos para su desarrollo, provocando la disminución de sus proporciones en el suelo. De las tres zonas, la mayor presencia y diversidad de vegetación estaba en B, la cual pudo haber asimilado ya los macronutrientes, explicando los bajos valores encontrados.

A diferencia de las demás propiedades que no presentaron contrastes entre las tres zonas, en los contenidos de macronutrientes existe un contraste significativo de la zona A frente a B y C. Los resultados obtenidos coinciden con lo esperado, con valores de NPK por debajo de los ideales en B y C. El abandono de los andenes conlleva a un incremento en la tasa de erosión del suelo y de la producción de sedimentos; en consecuencia, el contenido de M.O. y nutrientes en los primeros centímetros del suelo resultan bajos, o por debajo del límite de detección (Llerena, Inbar & De La Torre, 2004, p. 72). Lo dicho se reflejó en el contenido de NPK, pero no en el de M.O. Ello se debe a que, en la zona B, el plano horizontal y la estructura de los andenes ejercen control sobre la erosión; y tanto en B como en C, la cobertura vegetal estacional protege la capa superficial del suelo y a su vez constituye un aporte de M.O. Además de la vegetación, la superficie de los suelos estaba cubierta por piedras, que reducen el impacto de las lluvias, disminuyendo de igual manera la erosión.

Los parámetros físicos indican que el suelo de las tres zonas tiene las condiciones estructurales adecuadas para permitir el crecimiento de las raíces, retener la humedad, y permitir la aireación y la infiltración de agua en el suelo. Por otro lado, los parámetros químicos muestran diferencias entre la zona A frente a B y C. El pH en las tres zonas indica que la reacción del suelo permite la buena disponibilidad de nutrientes, pero solo en A están los contenidos ideales. Esto sugiere que el suelo en la zona A ha recuperado sus proporciones de NPK ideales luego de un periodo de 5 años en barbecho, presentando las mejores condiciones químicas para la actividad agrícola. Entonces, el suelo de los andenes tiene fertilidad física y, sobre todo, fertilidad química.

A pesar de la fertilidad del suelo, la cantidad de hectáreas cultivadas por los comuneros ha disminuido significativamente. Hasta hace unos 30 años, la comunidad cultivaba de 5 a 6 ha; en la década de 1990, el gobierno suministró alimentos a las zonas rurales como un incentivo para que los campesinos participaran como mano

de obra para la construcción de carreteras, canales y otras infraestructuras, y ya no se preocuparon por cultivar. Esta medida hizo que muchos larahuinos perdieran interés en la agricultura y se acostumbraran recibir incentivos del gobierno. A ello se suma la emigración entre el 2005-2010; la educación decreció, lo que llevó a los padres a buscar educación en ciudades como Chosica y Lima. En consecuencia, la superficie de andenes cultivados se redujo a solo 1,5 ha, de la cual obtienen 0,5 toneladas de productos para su autoconsumo, que se reparten entre toda la comunidad; de quedar excedentes, se venden.

Los comuneros reconocen que actualmente la mayor parte de los sectores de su sistema de andenería están abandonados y, por ende, en un estado de deterioro (Figura 7). Si bien les han dado un mantenimiento en las últimas décadas, este consistió solo en la reparación de los muros de piedra, derrumbados como consecuencia de eventos climáticos, el paso del tiempo o el crecimiento de hierbas (p. e. kikuyo) entre las piedras que debilitó los uniones (Figura 8).



Figura 9. Ejemplo del muro de un andén abandonado y deteriorado (punto TB-30).
Foto: K. Yakabi.



Figura 10. Muro de un andén deteriorado con especies herbáceas creciendo entre las uniones de las piedras (punto TB-30).
Foto: K. Yakabi, marzo de 2013

6. CONCLUSIONES

En San Pedro de Laraos existe un desaprovechamiento de suelo fértil para el desarrollo agrícola, y el abandono de andenes significa la pérdida de un recurso cultural productivo.

Por los resultados alcanzados, se concluye que el sector de andenes en descanso presenta el suelo de mejor calidad y fértil, sobretudo, por sus parámetros químicos. Después de un periodo de cinco años en barbecho, los suelos recuperaron su fertilidad química, teniendo sus proporciones de NPK en los niveles ideales. Ello no sucede en los andenes abandonados; sin embargo, el resto de sus propiedades presenta valores dentro de los rangos ideales, lo que no descarta que puedan reutilizarse luego de una rehabilitación de su estructura.

La generación de información sobre las propiedades edáficas que ha tenido esta investigación es base para la toma de decisiones para el buen manejo del suelo, conllevando a una agricultura de montaña eficiente, basada en el conocimiento. Así, esta tecnología antigua podría convertirse, nuevamente, en fuente alimentaria y en una actividad con aporte económico para la comunidad. Por ello que se debe rescatar y revalorar el sistema de andenería, un recurso cultural presente en gran parte del territorio andino peruano y que es el legado de las sociedades prehispánicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Agencia Agraria (2012). *Diagnóstico situacional de la Agencia Agraria Santa Eulalia*. Lima: Dirección Regional de Agricultura de Lima.
- ASTM (1995). International D2974-07: Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils. Reapproved 1995.
- ASTM (2007). Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. Reapproved 2007.
- Blossiers, J., Deza, C., León, B. & Samamé, R. (2000). Agricultura de laderas a través de andenes, Perú. En O. R. Caribe, *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia* (pp. 195-215). Santiago: Servicio de Gestión de las Publicaciones - FAO.
- Buduba, C. (2004). Muestreo de suelos. Criterios básicos. *Patagonia Forestal*, 9-12.
- Chilón, E. (1988). *Uso racional de laderas, recuperación de andenes y otras medidas de conservación del suelo en la comunidad de San Pedro de Casta - Lima (cuena del río)*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cotler, H. (1986). *Inventario, evaluación y uso de los andenes de la sub-cuenca del río Rímac*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina - Facultad de Agronomía.
- Gallegos, A. (1997). *La aptitud agrícola de los suelos*. México: Trilla.
- González, J., Echevarría, M. & Pellicer, F. (1994). Variaciones espaciales de la textura en las laderas de exposición topográfica contrastada en el semiárido aragonés. *Cuadernos de investigación geográfica*, 7-22.
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suel*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Kendall, A. (2008). *Tecnología tradicional andina: Rehabilitación agrícola y ambiental* (Segunda ed.). Lima: Asociación Andina Cusishaca.
- Kendall, A. & Rodríguez, A. (2001). Restauración agrícola en los Andes. *II Encuentro sobre Historia y Medio Ambiente* (pp. 394-402). Huesca: Instituto de Estudios Altoaragoneses. Obtenido de <http://www.condesan.org/memoria/SOWA0201.pdf>
- Kendall, A. & Rodríguez, A. (2009). *Desarrollo y perspectivas de los sistemas de andenería en los Andes centrales del Perú*. Cuzco: Centro Bartolomé de las Casas.

- Llerena, C. & Inbar, M. (2000). Erosion Processes in High Mountain Agricultural Terraces in Peru. *Mountain Research and Development*, 20(1), 72-79. . [http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741\(2000\)020\[0072:epihma\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741(2000)020[0072:epihma]2.0.co;2)
- Llerena, C., Inbar, M. & De La Torre, A. (2004). Caracterización de andenes en la cuenca del río Santa Eulalia, Lima, Perú. En C. Llerena, M. Inbar & M. Benavides, *Conservación y Abandono de Andenes* (pp. 166-176). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Universidad de Haifa.
- López, D. (1998). *Procesos de erosión hídrica en andenes abandonados de la comunidad campesina de San Juan de Iris – Lima*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina - Escuela de Posgrado.
- Minag (2011). *Cadena agroproductiva de papa. Manejo y fertilidad de suelos*. Lima.
- Navarro, S. & Navarro, G. (2003). *Química agrícola*. Segunda ed. Madrid: Mundi Prensa.
- Porta, J., López-Acevedo, M. & Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio*. Tercera ed.. Madrid: Mundi Prensa.
- Santillana, J. (1999). Andenes, canales y paisaje. En C. Morris & F. P. Santillana, *Los incas: arte y símbolos* (pp. 77-107). Lima: Banco de Crédito.
- USDA (1999). *Soil Quality Test Kit Guide*. Washington D.C.: Soil Quality Institute.
- USDA (2011). *Soil Quality Indicators*. Washington D.C.: USDA.
- Zavaleta, A. (1992). *Edafología: El suelo en relación con la producción*. Lima: A & B S.A.

Fecha de envío: 15 octubre, 2015

Fecha de aceptación: 27 noviembre, 2015