

## Degradación de suelos y tipología de productores para la sostenibilidad del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) en el intersalar del departamento de Oruro, Bolivia

Soils degradation and kind of producers for sustainable cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) in the intersalar of Oruro's departmet, Bolivia.

Cárdenas, J.E.; Urquizo, O.V.; Cárdenas, M.I.; Fernández, R. y Orzag, V.

### RESUMEN

La última década se ha caracterizado por una creciente demanda del grano de quinua, ampliándose la superficie cultivada, reduciendo la ganadería camélida, acelerando la degradación de suelos y la aparición de diferentes tipos de productores. De la gestión 2013 al 2014, se ha desarrollado el presente estudio con el objetivo principal de evaluar la degradación de suelos, identificar tipos de productores y evaluar la sostenibilidad del cultivo de Quinoa. La Degradación de suelos ha sido evaluada con información de análisis de suelos del año 2007 y 2014, asimismo la actividad microbiológica. Para la tipología se aplicó encuestas y entrevistas a una muestra de 63 productores tanto en términos biofísicos como socio-económicos analizándose la información mediante la estadística descriptiva y el análisis multivariado. Asimismo, se evaluó la sostenibilidad utilizando índices prácticos de calidad del suelo y salud del cultivo con una valoración de 0 a 5. Los resultados muestran que en el lapso de 7 años los suelos han disminuido en su contenido de materia orgánica, N total, K+ y Mg++ intercambiables, variaciones que son estadísticamente significativas, también la actividad microbiológica disminuye a mayor tiempo de producción en la parcela. En base a la tenencia de la tierra se identifica 3 tipos de productores, el Tipo I que son los terratenientes actuales con 21 a 50 o más hectáreas, los medianos de 6 a 20,9 hectáreas y los pequeños con menos de 6 hectáreas, la sostenibilidad del monocultivo en función del suelo y la salud es menor cuando mayor es la cantidad de tierra producida. Es urgente iniciar acciones de políticas públicas a nivel nacional, gobernación y municipios que puedan regular la cantidad de tierra sembrada ya no "para vivir bien", sino "para vivir sin degradar".

### PALABRAS CLAVE:

Degradación de suelos, Tipología de productores, Sostenibilidad, Quinoa e Intersalar.

### ABSTRACT

The last decade it's distinguished by a growing demand of quinoa grain, extending the cultivated surface; a cattle breeding of camelids has reduced, accelerating the soils degradation and the appearance of different kinds of producers. From the year 2013 to 2014 this research has been developed and the principal target was to evaluate soils degradation, identify the kinds of producers and the sustainable cultivation of quinoa. The soils degradation has been evaluated through soils analysis of the 2007 and 2014 years and microbiological activity too. For the kinds of producers, was done survey and interview in 63 producers to evaluate the biophysics and economics, the information was evaluated through descriptive statistics and the multivariate analysis. Also the sustainability of cultivation quinoa was evaluated using indexes of soils quality and culture health with a rate of 0 to 5. The results show that in the period of 7 years these soils has been reduced organic matter and total N, K+ and Mg++ interchangeable, variations that are statistical significant, microbiological activity it's reduced to long time production plot. Depending of land tenancy were identified three kind of producers: The kind I, who are the actually landowner with 21 to 50 or more hectare; the medians from six to 20,9 hectare and the small who have less than six hectare, the monoculture sustainability depending of soil and health soil is minor when the producing land is bigger. It's quite urgent to start public politics actions to national, local government and municipality level that can regulate the seeded land not "to live good" then "to live without degrading"

### KEY WORDS:

Soils degradation, kind of producers, sustainability, quinoa, culture and intersalar

### AUTORES

Cárdenas, J.E.; Urquizo, O.V.; Cárdenas, M.I.; Fernández, R. Universidad Técnica de Oruro.

[jecar65@hotmail.com](mailto:jecar65@hotmail.com)

Vladimir Orzag, Docente de la Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés.

[checorsag@gmail.com](mailto:checorsag@gmail.com)

DOI: <https://doi.org/10.53287/bruv9485xm89y>

## INTRODUCCION

En los últimos años ha existido y existe una creciente demanda nacional y especialmente internacional por el grano de quinua, debido a su alto valor nutricional y su producción orgánica, lo que ha permitido un desarrollo productivo de la cadena o complejo mediante el apoyo de organismos internacionales, así, como el apoyo gubernamental para mejorar las condiciones de producción.

Una comparación de reportes nos muestra este crecimiento, de 20.000 hectáreas el 1993 el cultivo de la quinua en Bolivia se incrementó al 1997 en una superficie estimada entre 37.000 a 40.000 has aproximadamente distribuidos en los Departamentos de Oruro, Potosí y La Paz, (Terceros, 1997). El 2008 más de 70.000 productores están involucrados en el cultivo de la quinua con 59.924 hectáreas para (FAUTAPO 2008). En la campaña agrícola 2013-2014 se reporta 161.000 hectáreas (MDRyT 2014) y las proyecciones de política Nacional del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) son de 1'000.000 de hectáreas para el 2020.

Esta actividad ha generado un proceso permanente del deterioro y degradación de suelos, que pone en riesgo la sostenibilidad del cultivo de Quinua, es importante mencionar que en la actualidad se tienen como valor agregado la producción orgánica en la zona del Intersalar.

Se ha reportado en la zona del Intersalar contenidos muy bajos a bajos en materia orgánica y por ende contenidos muy bajos de nitrógeno, asimismo, la constante pérdida de la biomasa nativa (tólares, pajonales y chijiales), el uso de maquinaria agrícola que aceleran los procesos de erosión eólica del suelo y la falta de reposición de nutrientes conllevan a la pérdida de la fertilidad y de humedad en el suelo, causas que aceleran el proceso de degradación de suelos en la zona, afectando también con ello a otras actividades como la ganadería camélida (FAUTAPO-UTO, Cárdenas y Choque, 2008; Orzag V. *et al.* 2011).

La gestión adecuada de la materia orgánica y del régimen hídrico del suelo, constituye uno de los

pilares básicos sobre los que se apoya una agricultura de carácter sostenible, (Ramos, 2000).

El objetivo del presente trabajo ha sido evaluar la degradación de suelos, identificar tipos de productores y evaluar la sostenibilidad del cultivo, esperando que los resultados sirvan para poder plantear una política pública para el manejo sostenible del suelo en la zona.

## MATERIALES Y METODOS

La zona donde se realizó el estudio es conocida como el Intersalar, y se halla ubicada entre los salares de Uyuni y Coipasa, en el Altiplano Sud de Bolivia, esta se encuentra al suroeste del país, desde los 19° hasta los 21° 40' de latitud sur y desde 66° hasta los 69° de longitud oeste, El altiplano sur constituye una unidad ecológica, con particularidades físico-ambientales propias, de origen volcánico y relicto de un antiguo mar, con una variación de altitud que va desde los 3.653 msnm en el Salar de Uyuni, hasta los 5.419 msnm en la cima del cerro Tunupa. la precipitación anual varía de 270 mm en su sector norte a 60 mm en el sur. El período de lluvias se presenta en los meses de diciembre a marzo, variando también su cantidad de acuerdo a un gradiente latitudinal noreste-suroeste. El mes más lluvioso es enero y los más secos son los comprendidos entre mayo y septiembre.

Para la evaluación de la degradación de suelos se han seleccionado parcelas de comunidades que estaban georeferenciadas de las que se tenía información anterior (2007), los criterios para seleccionar los sitios fueron: la textura predominante en la zona y la cantidad de años en tres grupos (0-19; 20-30 y >30 años) con el cultivo de quinua, estos resultados se compararon con los obtenidos el 2014, aproximadamente un tiempo de 7 años para evaluar la variación o el cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas se empleo los parámetros propuestos por Larson y Pierce, 1991; Doran y Parkin, 1994; Seybold *et al.*, 1997 . La Información de los predios (información primaria) se realizo a través de encuestas y entrevistas (audio y video) a los propietarios de las

parcelas, líderes y autoridades originarias. La tipología consistió en identificar grupos de productores con características similares (Hart, 1990; Malagón y Prager, 2001). Para esta tipificación se agrupó a la diversidad de productores, según su lógica económica, que es expresión del tipo de recursos que posee, de su habilidad, experiencia tecnológica, de las limitantes y potencialidades de la zona (FAO / USAC, 1995). Es así que en base a los resultados de la encuesta se realizó un análisis multivariado con el Programa SAS versión 9.1. La sostenibilidad se calificó del 1 al 5 tomándose como parámetros la calidad del suelo y la salud del cultivo con cuadros de doble entrada y gráficas tipo ameba, a partir de la base de conocimiento local y técnico y por la definición de los niveles críticos (Barrios, E. *et al.*, 2005).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variación de las propiedades del suelo en 7 años de uso

Los suelos de la zona presentan en un 90% dos clases texturales predominantes: arena y arena

franca, con estructura de tipo granular. Las propiedades físicas: textura, estructura y la densidad aparente, no han variado en el lapso de tiempo en estudio. La densidad aparente varía en el corto tiempo con la adición de materia orgánica, este resultado nos confirma que en 7 años no ha habido aportes importantes en materia orgánica en las parcelas en estudio. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expansivas (Taboada & Alvarez, 2008).

El estudio de la variación de las propiedades químicas, nos muestra que la variación del pH no es significativa estadísticamente, al contrario la materia orgánica ha disminuido en los 7 años de uso, esta diferencia realizada la prueba de t al 0,05 de significancia es altamente significativa, similar comportamiento se ha registrado en el análisis del nitrógeno total, potasio y magnesio intercambiable. La actividad microbiológica disminuyó en los suelos de las parcelas que tienen más años de explotación (Tabla 1).

Tabla 1 Comunidad, muestra, años de uso y actividad microbiológica

Comunidad	Muestra	Años de Uso	mg CO <sub>2</sub> s.s. por hora	Promedio mg CO <sub>2</sub> s.s. por hora
Jayo Quta	1	37	0,306	0,298
Ancoyo	2	37	0,282	
Castilluma	4	37	0,306	
Jirira	7	30	0,363	0,380
Pitca	3	27	0,375	
Puki	5	27	0,427	
Quillacas	9	27	0,355	
Sacani	6	11	0,396	0,366
Mallci Rancho	8	11	0,330	
Bengal Vinto	10	7	0,371	

Fuente: Elaboración propia, 2014

### Tipología de productores

De los resultados del análisis multivariado (Figura 1) nos muestra la agrupación de las dos tipologías y el grado de afinidad entre los productores que componen la muestra analizada, se ha identificado dos tipos de productores en el Altiplano Sur. En la tabla 2 se resumen sus principales características,

en los dos tipos, resalta el monocultivo de quinua, la misma se destina principalmente para la venta (90%), asimismo, cuentan con ganado ovino y camélido, destinado principalmente al autoconsumo y al abastecimiento de estiércol.

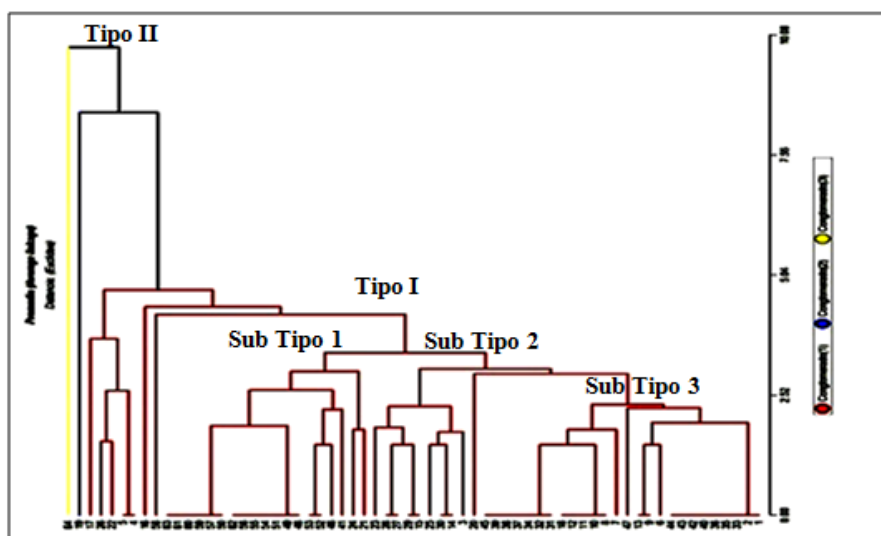


Figura 1 Agrupación de dos tipos de productores en Salinas, Quillacas y Pampa Aullagas, Altiplano Sur, (n=63, 2014)

La principal diferencia entre los jefes de familia del tipo I y el tipo II, es la presencia en el segundo tipo del 14% de productores con formación universitaria.

El bien más importante es la tierra, su tenencia y su extensión determinan los ingresos económicos del agricultor, los productores medianos con 6 a 20 hectáreas son los que obtienen ingresos medios

anuales (21001,0 a 70000,0 Bs.-), aspecto que les ha permitido acceder al crédito bancario, para poder adquirir principalmente tractor agrícola o camión, que sirve para el trabajo en su propiedad, pero también le permite tener ingresos extras por el alquiler de los mismos, generando una reinversión permanente en la familia.

Tabla 2 Características de los tipos de Productores de Quinua de Salinas,

## Quillacas y Pampa Aullagas, del Altiplano Sur, Bolivia

VARIABLES	TIPO I			TIPO II
	SUB TIPO I	SUB TIPO II	SUB TIPO III	
<b>Grado de escolaridad del productor</b>	57 % primaria 43 % secundaria	59% primaria, 41% secundaria,	33% primaria, 67% secundaria.	14% analfabetos, 72% secundaria, 14% universitaria.
<b>Actividad económica principal</b>	Solo agricultura 100%.	Solo agricultura 100%.	Solo agricultura 100%.	Solo agricultura 100%.
<b>Tipo de producción</b>	Producción ecológica 100%.	Producción convencional 5%, Producción en transición 38% , producción ecológica 57 %,	Producción ecológica 100%.	Producción ecológica 100%.
<b>Ingreso Económico anual (bs).</b>	Ingreso bajo 57% (1440-21000 Bs.-), Ingreso medio 29% (21001-70000 Bs.-), Ingreso alto 14% (Mayor a 70001 Bs.-).	Ingreso bajo 22% Ingreso medio 65%, Ingreso alto 13%,	Ingreso bajo 100%.	Ingreso bajo 14%, Ingreso medio 57%, Ingreso alto 29%.
<b>Acceso a crédito</b>	No tiene acceso a crédito 100%	no tiene acceso a crédito 89%, Tienen acceso a crédito 11%.	Sin acceso a crédito, 100%	76% sin acceso a crédito, 24% tienen acceso a crédito.
<b>Riego</b>	No tiene riego 100%.	No tiene riego 100%.	No tiene riego 100%.	No tiene riego 86%, tiene riego 14%.
<b>factores que limitan la producción</b>	Ataque de plagas y factores climáticos (sequia, heladas y vientos).	Ataque de plagas y factores climáticos (sequia, heladas y vientos).	Ataque de plagas y factores climáticos (sequia, heladas y vientos).	Ataque de plagas y factores climáticos (sequia, heladas y vientos)
<b>Extensión del terreno (hectáreas)</b>	Mediana (6-20,9)	Pequeña (0,5-5,9) 3%, Mediana (6-20,9) 51%, Grande (21-50) 46%.	Mediana (6-20) (100%)	Mediana (6-20) (100%)
<b>Tenencia de tierra</b>	Proceso de saneamiento 28,5%, Tierra comunitaria 28,5% Título en trámite 43%.	Proceso de saneamiento 83%. Terrenos comunitarios 3% Título ejecutoriado 3%, , Terrenos con título en trámite 11%,	Proceso de saneamiento 100%.	Tierras comunitarias 29%, Proceso de saneamiento 29%, Título en trámite 42% .

Fuente: Elaboración propia en base a encuestas para productores (n=63), Tipo de cambio 1\$us = 6,96 Bs. -

Entre los dos tipos identificados, ambos perciben que los dos factores limitantes para la producción son: 1) los factores climáticos, las heladas, la sequia y el viento, que limitan y perjudican la producción de quinua. El viento provoca el enterramiento de las plantas recién emergidas y con el calor (35 a 40 °C en la superficie del suelo) su muerte, se ha reportado que se han realizado de 1 hasta 3 resiembras en forma manual o con sembradora; y 2) las plagas, existe una demanda

alta por el control orgánico, integrado o ecológico de plagas, este es un problema que no ha sido resuelto a la fecha.

En la tabla 3 se describe tres tipos de productores en función de la tenencia de la tierra, los del **Tipo I**, son los terratenientes actuales, con tenencia de tierra de 21 a 50 o más hectáreas, sólo que en los últimos tiempos debido al precio expectable de la quinua este grupo ha crecido, es gente que no

radicaba permanentemente en la comunidad o había abandonados sus parcelas, tienen gente que cuida sus parcelas (normalmente ahijados o compadres), y realizan fuertes inversiones

económicas, también buscan y compran tecnología para mejorar sus rendimientos que son bajos a medianos.

Tabla 3 Agrupación y características en función de la tenencia de la tierra.

TIPO	PRODUCTORES	CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS	CARACTERÍSTICAS SOCIALES	CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS
I	Productores con 21 a 50 hectáreas, o más de producción	Cuentan con muy fuertes y fuertes inversiones en terreno	Tienen presencia en la zona y definen en la toma de decisiones	Niveles de Ingreso Muy Altos
		Altos niveles de Producción pero rendimientos bajos o moderados	Son productores y acopiadores de quinua	Cuenta con maquinaria, equipos y movilidades, o alquilan los mismos.
		Realizan medianas a pequeñas inversiones en tecnología para incrementar sus rendimientos	Participan en la determinación de precios conjuntamente con los intermediarios de otros lugares	Tienen préstamos bancarios de medianos a altos
			Son padrinos de matrimonio y bautizo de productores e intermediarios	Tienen otras actividades económicas: comerciantes mayoristas, transportistas, etc.
			Son ex pasantes o ex alférez de fiestas patronales en el pueblo	Contratan mano de obra
			No residen en la comunidad	
II	Productores de 6 a 20,9 hectáreas de producción	Cuentan con medianas y pequeñas inversiones en terreno	Tienen presencia en la zona en la toma de decisiones	Niveles de Ingreso altos a medianos
		Niveles medios a altos de producción y buenos rendimientos	Son productores y algunos son acopiadores de quinua	Algunos cuenta con maquinaria, equipos y movilidades de su propiedad
		Realizan pequeñas inversiones en tecnología para incrementar sus rendimientos	Se asocian con otros productores para la comercialización de sus productos.	La mayoría alquila maquinaria agrícola (tractores y mano de obra)
			Tienen residencia permanente en la comunidad	Cuentan con pequeños préstamos bancarios
III	Productores de 0,5 a 5,9 hectáreas de producción	No realizan inversiones en terreno	Tratan de incluirse a las asociaciones de la zona	Niveles de Ingresos bajos
		Niveles bajos a medios de producción	Comercializan sus productos al detalle en las ferias.	Pocos alquilan maquinaria y equipos, la mayoría realiza actividades manuales
		Buenos rendimientos	Tienen residencia permanente en la comunidad	No acceden a crédito

Fuente: Elaboración propia (2014).

Los del **Tipo II**, son productores medianos con una tenencia de tierra que varía de 6 a 20,9 hectáreas, realizan pequeñas a medianas inversiones en la producción del cultivo, con niveles medios a altos de producción, porque

manejan adecuadamente sus parcelas y tienen buenos rendimientos. Principalmente son productores y en algunos casos se dedican a acopiar o rescatar quinua, participan activamente de las reuniones comunales y toman decisiones en

las mismas, se asocian con otros productores para la producción y comercialización de sus productos. Tienen residencia permanente en la comunidad, algunos cuentan con maquinaria agrícola y pequeñas movilidades (camionetas, vagonetas, etc.), la mayoría alquila maquinaria agrícola para la preparación y siembra de sus parcelas.

El **tipo III**, posee de 0,5 a 5,9, son los pequeños productores, se caracterizan por no realizar inversiones en maquinaria agrícola, equipos y movilidades, se dedican a sus parcelas lo que les permite tener buenos rendimientos, tratan de incluirse en las asociaciones, comercializan sus productos al detalle en las ferias buscando un mejor precio, y tienen residencia permanente en la comunidad. Pocos alquilan maquinaria agrícola, realizan la siembra manualmente y la mayoría de las actividades las realizan con la mano de obra familiar. Sus bajos ingresos y la falta de bienes no les permite acceder a crédito bancario.

### Sostenibilidad del cultivo

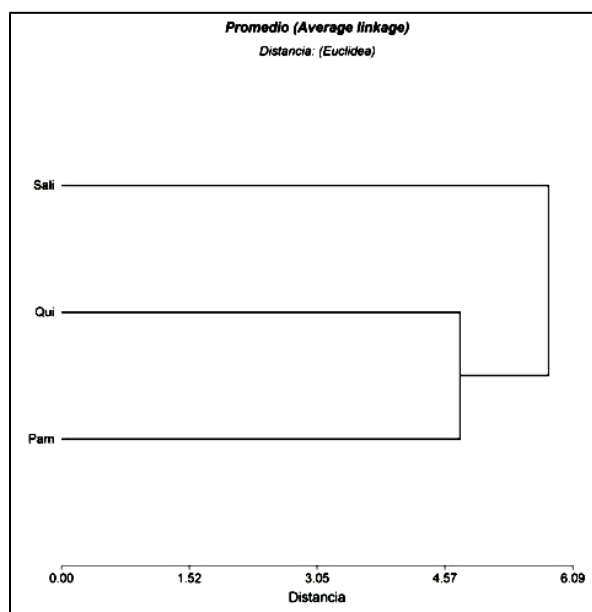


Figura 3. Agrupación de la Sostenibilidad entre Municipios.

Con respecto a la sostenibilidad del cultivo en base a la calidad del suelo y la salud del cultivo la

figura 2 nos muestra dos conglomerados uno compuesto por los municipios de Quillacas y Pampa Aullagas, y el otro por el municipio de Salinas, esta agrupación principalmente se debe al tipo de suelo (ver Tabla 3 los promedios).

En lo referente a la calidad del suelo, el factor limitante es la materia orgánica la misma tiene relación directa con la actividad biológica, a esto se suma la cobertura vegetal y la textura de los suelos. Esto ha sido confirmado con los análisis químicos de los suelos, donde se reportan contenidos bajo de materia orgánica en la zona. Asimismo, el estado e incorporación de los residuos (biomasa), debemos recordar que en la zona un gran porcentaje todavía práctica el “arrancado” completo de la planta dejando poco o ningún residuo de reposición al suelo (Figura 3).

La infiltración y profundidad del suelo, son factores importantes y que alcanzan los valores óptimos (Figura 3), el primero permite la acumulación de humedad en el perfil del suelo en la época del barbecho o preparación de los suelos (enero a febrero), y a esto se suma la profundidad de los suelos en la zona de planicie, que es la actualidad la zona más importante por su extensión.

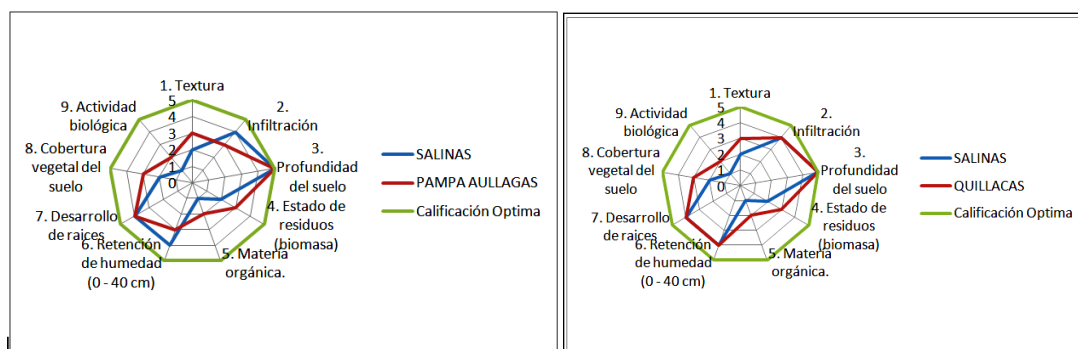


Figura 3 Comparación de la calidad del suelo

Las tres zonas tienen un valor promedio de 3,1 por lo tanto se otorga una sostenibilidad moderada con relación al suelo (Tabla 4).

Tabla 4 Evaluación de la sostenibilidad del cultivo de quinua utilizando criterios de calidad del suelo y salud del cultivo en tres zonas del Altiplano Sur

CALIDAD DEL SUELO	SALINAS	PAMPA AULLAGAS	QUILLACAS	Promedio	Calificación Optima
1. Textura	2	3	3	2,7	5
2. Infiltración	4	3	4	3,7	5
3. Profundidad del suelo	5	5	5	5,0	5
4. Estado de residuos (biomasa)	2	3	3	2,7	5
5. Materia orgánica.	1	2	2	1,7	5
6. Retención de humedad (0 - 40 cm)	4	3	4	3,7	5
7. Desarrollo de raíces	4	4	4	4,0	5
8. Cobertura vegetal del suelo	2	3	3	2,7	5
9. Actividad biológica	1	2	2	1,7	5
<b>Promedios</b>	<b>2,8</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,07</b>	
<b>CALIFICACIÓN ÓPTIMA</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		
SALUD DEL CULTIVO	SALINAS	PAMPA AULLAGAS	QUILLACAS	Promedio	Calificación Optima
1. Apariencia	4	4	4	4,0	5
2. Crecimiento del cultivo	4	3	3	3,3	5
3. Tolerancia al estrés	4	3	3	3,3	5
4. Incidencia de plagas	3	3	3	3,0	5
5. Rendimiento actual/potencial	3	4	4	3,7	5
6. Diversidad genética	4	3	3	3,3	5
7. Diversidad vegetal	3	4	4	3,7	5
<b>Promedios</b>	<b>3,6</b>	<b>3,4</b>	<b>3,4</b>	<b>3,5</b>	
<b>CALIFICACIÓN ÓPTIMA</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		

Fuente: Elaboración propia (2014).

En lo referente a la salud del cultivo su valoración media es 3,5, lo que les otorga una moderada sostenibilidad, donde el mayor problema son las plagas con una valoración de 3.

## CONCLUSIONES

Las dos clases texturales predominantes en la zona en estudio son: Arena Francoso y Arena, se caracterizan por: tener contenidos bajos y muy bajos de materia orgánica, asimismo, capacidades

de intercambio catiónico que varían de muy bajo a moderado.

Los contenidos bajos de materia orgánica han sido confirmados con el reporte del análisis químico donde las muestras tienen un contenido **muy bajo de materia orgánica**, asimismo, el 80% de las muestras se hallan con contenidos de muy bajo, bajos y moderados, respectivamente en su Capacidad de Intercambio Catiónico.



El pH de la solución del suelo afecta a la solubilidad de los diferentes iones presentes, de este modo varía la asimilabilidad de los mismos ya que la quinua sólo puede absorberlos en solución. Aproximadamente las muestras se hallan en un pH de suave a moderadamente alcalino.

Como son suelos con contenidos de materia orgánica muy bajo, y en los últimos siete años muestran una disminución significativa, los aspectos identificados que influyen para esta condición, podrían ser los siguientes: a) el régimen hídrico deficitario de la zona limita la producción de biomasa natural por lo que influye en el contenido de materia orgánica en el suelo; b) las condiciones de humedad y bajas temperaturas retardan los procesos de descomposición de la biomasa incorporada; c) los restos vegetales incorporados como la Thola y la Paja Brava en el Barbecho, tienen un alto contenido en compuestos fenólicos (lignina) y celulosas los que retardan la velocidad de descomposición y mineralización de los mismos, d) los bajos contenidos de arcilla reportados en la clasificación textural, no permiten un efecto de estabilización de la materia orgánica y un aumento en su contenido; e) la reacción del suelo influye en la mineralización y humificación; f) las prácticas tradicionales del cultivo de quinua influyen en el aporte bajo de restos vegetales al suelo, las plantas son arrancadas desde la raíz, entonces una vez trillado el grano, la mayoría de los restos vegetales (raíces, tallos, hojarasca y cáscara) son empleados para la alimentación animal y para producir lejía; g) el aporte de estiércol a los suelos es muy limitado por los costos altos que supone esta práctica, se lo realiza cada tres años y en cantidades muy limitadas (6 a 10 Tn/hectárea); h) el estiércol de llama (principalmente) y ovino, incorporado es pobre en nutrientes por el mal manejo a la intemperie en los corrales y algunas veces en montones en las parcelas. El nitrógeno está relacionado directamente con la materia orgánica por lo tanto el análisis anterior es válido también para este nutriente.

Los suelos jóvenes y de origen volcánico tienen altos contenidos de fosfatos inorgánicos

principalmente de fosfatos cálcicos, asimismo, indica que en reacciones neutras y alcalinas predominan los fosfatos de Calcio, por último afirma que en los suelos arenosos predominan los fosfatos cálcicos. Todo lo anterior confirma que la mayor parte del fosfato en la zona de estudio proviene del grupo inorgánico y no del grupo orgánico, esta confirma que su disminución no es significativa.

Las muestras tienen contenidos moderados de Potasio, la cantidad total de potasio es normalmente abundante, la mayor parte de este elemento está sujeto rígidamente como parte de los minerales primarios, de los tres grandes grupos de rocas parentales (ígneas, sedimentarias y metamórficas), las rocas ígneas constituyen la mayor parte de la corteza terrestre, siendo el contenido de Potasio mayor en las rocas ígneas que en las sedimentarias, su disminución ha sido significativa, razón por la cual se debe pensar en un mejoramiento de la materia orgánica.

A esto se suma que la actividad microbiológica decrece a medida que aumentan los años de uso con el cultivo de Quinua, y se muestra que la mayor actividad microbiológica se registra en los suelos con cobertura de tipo Tholar.

En conclusión con respecto al suelo, la fragilidad de los mismos, el clima y el manejo actual los hacen más vulnerable, y se aceleran los procesos de degradación de suelos, siendo importante la incorporación de materia orgánica con estiércol de ovino y camélido como la fuente orgánica mas importante y la acción más viable a corto plazo

Se han identificado dos tipos de productores, en los dos tipos, la producción del cultivo de quinua se destina principalmente para la venta (90%), asimismo, cuentan con ganado ovino y camélido, destinando principalmente al autoconsumo y al abastecimiento de estiércol.

El bien más importante es la tierra, su tenencia y su extensión determinan los ingresos económicos del agricultor, los productores medianos con 6 a 20

hectáreas son los que obtienen ingresos medios anuales (21001,0 a 70000,0 Bs.-), aspecto que les ha permitido acceder al crédito bancario, para poder adquirir principalmente tractor agrícola o camión, que sirve para el trabajo en su propiedad, pero también le permite tener ingresos extras por el alquiler de los mismos, generando una reinversión permanente en la familia.

En lo referente a la sostenibilidad del cultivo los tres factores que obtienen el mayor puntaje con relación a la calidad del suelo son: la profundidad del suelo, la retención de la humedad y el desarrollo de las raíces, ambos relacionados directamente con la fertilidad del suelo y el desarrollo vegetativo del cultivo de Quinua,

En cuanto a la calidad del suelo los sistemas de Pampa Aullagas y Quillacas son más sostenibles, asimismo, su valoración promedio de los indicadores, muestra que las tres zonas tienen valores por encima de 3 por lo tanto se otorga una sostenibilidad moderada a la relación suelo – planta.

En lo referente a la salud del cultivo la diferencia no es significativa, pero su valoración media es 3,5; lo que les otorga mayor sostenibilidad a la sanidad del cultivo.

**APOYO FINANCIERO:** PIEB (Programa de Investigaciones Económicas de Bolivia)

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Altieri, MA. 1995 Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Process, Boulder.

Amador, M.; Durán, C.; Ruiz, VH.; Barquero, LC. 1995. Caracterización socio-productiva y tipología de productores del cantón de Acosta. Avances de Investigación N° 14. Programa de Ecodesarrollo CEDECO. San José-Costa Rica. 34 p.

Apollin, F.; Eberhart, C. 1999. Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural. Guía metodológica. CAMAREN, Quito-Ecuador. 239 p.

Barrios, E. Delve, R. Barreto, H. Trejo, M.T. 2005: *Identificación y clasificación de indicadores locales de la calidad del suelo*, SWNM, TSBF, AHÍ, p. 21

Bedregal F.C., 2012: *Rendimientos decrecientes de la tierra y la producción de Quinua en Bolivia*, Tesis de Grado, Carrera de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Financieras, Universidad Mayor de San Andrés, 38 p.

Collao P. Rubén, 2004: *Plan estratégico integral para la cadena productiva de la quinua. Documento final. Unidad de Productividad y Competitividad* – Ministerio de Desarrollo Económico. La Paz-Bolivia

Conway, G.R. 1994. Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability and equitability. *Journal for Farming Systems and Research-Extensions* 4(2): 1-14.

Dixon, J.A.; Fallon, L.A. 1989. The concept of sustainability: origins, extensions and usefulness for policy. *Society and Natural Resources* 2: 73-84.

Dorronsoro C. F.; 2004.- Introducción a la Edafología. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. 2004. España.

FAO 2012: sitio web de FAO Water (disponible en [http://www.fao.org/nr/water/index\\_es.html](http://www.fao.org/nr/water/index_es.html)), consultado el 13 de enero de 2013.

FAO / USAC. 1995. Caracterización del sistema agrario de la zona de retornados “Nueva Esperanza”, Nentón, Huehuetenango. Informe de Proyecto. Guatemala. 66 p.

FAUTAPO, 2009: *Situación Actual al 2008 de la Quinua Real en el Altiplano Sur de Bolivia*, Programa Complejo Productivo Altiplano Sur, Oruro-Potosi, Bolivia, 25 p,

Gutiérrez, Z. León, A. y Choque,W. 2011: *Identificación De Zonas Con Aptitud Para La Producción De Quinua Con Aplicación De Un Sistema De Información GeoFigura En El Altiplano Boliviano*, COMPASUR FAUTAPO, Ponencia Congreso Mundial de la Quinua Oruro – Bolivia, p. 56.

- Gallopín G. 2003: *Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*, Naciones Unidas, Proyecto NET/00/63 CEPAL-ECLAC, Serie 64, Santiago, Chile, pp. 46
- Hart, R. 1990. Componentes, subsistemas y propiedades del sistema finca como base para un método de clasificación. En: Escobar G. y Berdegú J. (eds) Tipificación de sistemas de producción agrícola. RIMISP/GLA. Santiago de Chile. 283 p.
- IBCE, 2012: *Quinoa en Bolivia*, Instituto boliviano de Comercio Exterior, Cifras, Boletín Electrónico Bisemanal N° 179, 3 de diciembre del 2012, Bolivia.
- Jacobsen S.E., 2011: sitio web LEISA (disponible <http://www.leisa-al.org/web/revistas/vol-28-numero-4/451-la-produccion-de-quinoa-en-el-sur-de-bolivia-del-exito-economico-al-desastre-ambiental.html>), consultado el 10 de enero del 2013.
- López F. R. 2002: *Degradación del Suelo: causas, procesos, evaluación e investigación*, Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, Universidad de los Andes, Mérida Venezuela, 280 pp.
- Malagón, R.; Prager, M. 2001. El enfoque de sistemas: Una opción para el análisis de las unidades de producción agrícola. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. 190 p.
- Medrano, A.M. y Torrico J.C., 2009: *Consecuencias del incremento de la producción de quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) en el altiplano sur de Bolivia*, Journal de Ciencia y Tecnología Agraria versión On-line ISSN 2072-1404 CienciAgro v.1 n.4 La Paz – Bolivia, 119 p.
- Ortiz S.M. Anaya, G.M. y Estrada, W.J., 1994: Evaluación CartoFigura y Políticas de la degradación de la tierra. C.P. CONAZA AUCh.
- Pretty, J., Toulmin, C., y Williams, S. 2011: *Sustainable intensification in African agriculture*. International Journal of Agricultural Sustainability, 9(1): 5–24.
- Taboada, M.A.; Alvarez, C.R. 2008. Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- USDA, 1999: Guía para la evaluación de la calidad y la salud del suelo, Departamento de Agricultura, Servicio de Conservación de Recursos Naturales, Instituto de calidad de suelos p. 89
- VITALIS, 2010: Sitio web de VITALIS “Actualidad Ambiental” (disponible en <http://www.vitalis.net/actualidad1016.htm>), consultado el 22 de enero de 2013.