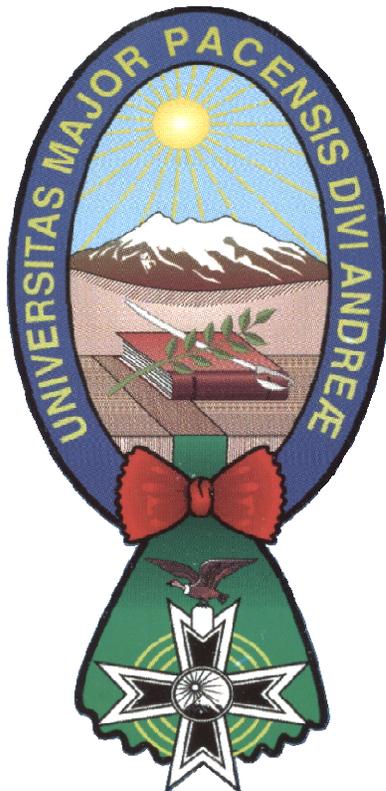


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



TESIS DE GRADO

**ZONIFICACION DE LA DISTRIBUCION DE CULTIVOS DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa Willd*) EN CUATRO MUNICIPIOS DEL ALTIPLANO
BOLIVIANO CON FINES DE APLICACIÓN DE RIEGO**

GLADYS BENITA YANA OCHOA

La Paz, Bolivia

2009

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**

**ZONIFICACION DE LA DISTRIBUCION DE CULTIVOS DE QUINUA
(*Chenopodium quinoa Willd.*) EN CUATRO MUNICIPIOS DEL ALTIPLANO
BOLIVIANO CON FINES DE APLICACIÓN DE RIEGO**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título
de Ingeniero Agrónomo*

GLADYS BENITA YANA OCHOA

Tutor:

Ing. Edwin Eusebio Yucra Sea

Asesor:

Ing. Roberto Miranda Casas

Tribunal Examinador:

Ing. M.Sc. Hugo Daniel Bosque Sánchez

Ing. Magali García Cárdenas Ph.D.

Ing. René Chipana Rivera Ph.D.

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador:

2009

DEDICATORIA

Con todo mi amor y respeto a mis padres:

*Fortunato Yana Chambí y Benedicta Ochoa de Yana
Por el sacrificio realizado
y por toda la enseñanza brindada día con día
para alcanzar mis sueños.*

*A la inspiración de trabajo y esfuerzo, mis abuelos:
Simón Yana Chambí y Genara Chambí de Yana*

*A mis hermanos Oscar y Elizabeth
Por su cariño y apoyo incondicional*

A toda mi familia..

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un sincero agradecimiento a las siguientes instituciones y personas a las cuales, colaboraron con la presentación y la culminación de este trabajo.

Al proyecto **QUINAGUA** (Cooperación del Consejo Interuniversitario Flamenco Bélgica) por brindarme la oportunidad de realizar el trabajo de Tesis de Grado, al concederme una beca tesis y cooperación durante la ejecución del mismo.

Al **Centro INTI**, Ing. Estanislao Quispe, Ing. Edgar Ticona , al **Consortio LIPEZ**, al Ing. Hugo Bautista y a todos los profesionales que forman parte de estas instituciones, que colaboraron con este trabajo de investigación.

Al Servicio Departamental Agropecuario de la ciudad de Potosí, al Ing. Héctor Ríos por haber cooperado de gran manera a la realización de este trabajo, por su apoyo y consejo.

Al Ing. Roberto Miranda Casas, un gentil agradecimiento por su asesoramiento, paciencia, conocimiento compartido y apoyo brindado así también por su valioso tiempo dedicado a las correcciones y sugerencias durante todo el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Ing. Edwin Yucra Sea, por su asesoramiento, por compartir sus conocimientos, los consejos brindados, para la ejecución y finalización de esta investigación. Y por brindarme su tiempo y amistad.

Al tribunal revisor; Ing. M.Sc. Hugo Bosque Sánchez, Ph.D. René Chipana Rivera por la revisión, las correcciones y las sugerencias realizadas para enriquecer el presente trabajo de investigación y especialmente un profundo agradecimiento a la Ph.D. Magaly García Cárdenas por todas las sugerencias, correcciones brindadas y por la amistad y confianza que será infinitamente agradecida.

A la Ing. M.Sc. Cristal Taboada, por el apoyo y sugerencias brindadas en la parte inicial de éste trabajo.

Agradecer con mucho cariño a un gran amigo, Ing. Sam Geerts por compartir su conocimiento y ayudar con su experiencia a la culminación de éste trabajo.

A todo el plantel del Proyecto QUINAGUA, ingenieros, tesistas, administrativos del período 2006 - 2007

A mi mejor amigo, por su paciencia, cariño y apoyo incondicional en momentos de alegrías y tristezas, Edwin Mayta Carrillo .

A mis Docentes, compañeros, amigos y en general a toda mi Facultad, que formaron parte de mi vida durante mi formación profesional.

INDICE GENERAL

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| INDICE GENERAL | I |
| INDICE DE CUADROS | IV |
| INDICE DE FIGURAS | VI |
| INDICE DE FOTOGRAFIAS | VIII |
| RESUMEN | IX |
| SUMMARY | XI |
| | |
| 1 INTRODUCCION | 1 |
| 1.1 Objetivos..... | 3 |
| 1.1.1 Objetivo general | 3 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos..... | 3 |
| | |
| 2 REVISION BIBLIOGRAFICA | 4 |
| 2.1 Características del Altiplano Boliviano..... | 4 |
| 2.2 Características del cultivo de quinua | 4 |
| 2.2.1 La quinua | 4 |
| 2.2.2 Importancia de la quinua | 4 |
| 2.2.3 Producción a nivel Mundial | 5 |
| 2.2.4 Producción a nivel Nacional..... | 6 |
| 2.2.4.1 Superficie cultivada | 7 |
| 2.2.4.2 Rendimiento promedio..... | 7 |
| 2.2.4.3 Volumen de producción | 8 |
| 2.2.4.4 Variedades | 9 |
| 2.2.5 Zonas Productoras..... | 10 |
| 2.2.6 Zonas potenciales | 10 |
| 2.2.7 Factores abióticos que determinan la producción de quinua | 11 |
| 2.2.7.1 Altitud..... | 11 |
| 2.2.7.2 Clima | 11 |
| 2.2.7.3 Suelos..... | 11 |
| 2.2.7.4 Precipitación pluvial | 12 |
| 2.2.7.5 Temperatura | 13 |
| 2.2.8 Factores adversos que afectan la producción de quinua | 13 |

| | | |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.8.1 | Sequía | 14 |
| 2.2.8.2 | Heladas | 15 |
| 2.2.8.3 | Vientos..... | 15 |
| 2.2.8.4 | Salinidad..... | 16 |
| 2.2.8.5 | Plagas y enfermedades | 16 |
| 2.3 | Riego | 17 |
| 2.3.1 | Generalidades de riego | 17 |
| 2.3.2 | Riego suplementario o deficitario | 18 |
| 2.3.3 | Fuentes de abastecimiento de agua para riego | 18 |
| 2.3.3.1 | Recursos hídricos superficiales | 19 |
| 2.3.3.2 | Recursos hídricos subterráneos | 19 |
| 2.3.4 | Riego y quinua | 20 |
| 2.4 | Sistemas de Información Geográfica..... | 21 |
| 2.4.1 | Georeferenciación..... | 22 |
| 3 | LOCALIZACION | 23 |
| 3.1 | Ubicación Geográfica | 23 |
| 3.2 | Características ecológicas..... | 24 |
| 3.2.1 | Clima en el área de estudio | 24 |
| 3.2.2 | Suelos | 25 |
| 3.2.3 | Vegetación de la zona..... | 25 |
| 4 | MATERIALES Y MÉTODOS..... | 27 |
| 4.1 | Materiales..... | 27 |
| 4.1.1 | Material de Campo..... | 27 |
| 4.1.2 | Material de Gabinete..... | 27 |
| 4.2 | Metodología..... | 28 |
| 4.2.1 | Distribución espacial de las zonas productoras | 29 |
| 4.2.1.1 | Fase 1. Recopilación de información secundaria | 29 |
| 4.2.1.2 | Fase 2. Trabajo de georeferenciación realizada en campo | 30 |
| 4.2.1.3 | Fase 3. Ordenamiento y procesamiento de la información recopilada | 30 |
| 4.2.1.4 | Evaluación del potencial de expansión del cultivo de la quinua | 32 |
| 4.2.1.5 | Evaluación de la factibilidad de implementación de sistemas de riego deficitario para las zonas cultivadas y con posible cultivo de quinua | 33 |
| 4.2.2 | Elaboración de mapas finales de la zonificación de cultivos de quinua en el Altiplano Boliviano | 34 |
| 5 | RESULTADOS Y DISCUSION..... | 35 |

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.1 | Determinación de la distribución espacial de las zonas productoras de quinua en cuatro municipios del Altiplano Central y Sur..... | 35 |
| 5.1.1 | Superficie cultivada de quinua | 35 |
| 5.1.2 | Rendimiento promedio de quinua en los municipios de estudio | 51 |
| 5.1.3 | Volumen de producción de quinua en los municipios en estudio..... | 60 |
| 5.1.4 | Unidades de terreno para los cultivos de quinua | 69 |
| 5.1.5 | Variedades de quinua en los municipios de estudio | 78 |
| 5.1.6 | Georeferenciación de los cultivos de quinua en los Municipios de estudio.. | 82 |
| 5.2 | Zonas Potenciales para la producción de quinua en Altiplano Boliviano con riego deficitario | 84 |
| 5.2.1 | Zonas potenciales para la producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Sica Sica | 84 |
| 5.2.2 | Zonas potenciales para la producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Salinas de Garci Mendoza | 85 |
| 5.2.3 | Zonas potenciales para la producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Llica..... | 87 |
| 5.2.4 | Zonas potenciales para la producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Colcha K | 90 |
| 5.3 | Correlación de las Zonas potenciales de producción de quinua con aplicación de riego deficitario y Recursos Hídricos existentes | 92 |
| 5.3.1 | Fuentes de agua y su disponibilidad del municipio de Sica Sica | 92 |
| 5.3.1.1 | Recursos hídricos superficiales en el municipio de Sica Sica | 94 |
| 5.3.1.2 | Recursos hídricos subterráneos en el municipio de Sica Sica | 99 |
| 5.3.2 | Fuentes de agua y su disponibilidad en el municipio de Salinas de Garci Mendoza..... | 100 |
| 5.3.2.1 | Recursos hídricos subterráneos en el municipio de Salinas de Garci Mendoza..... | 105 |
| 5.3.3 | Fuentes de agua y su disponibilidad del municipio de Llica..... | 105 |
| 5.3.3.1 | Recursos hídricos superficiales en el municipio de Llica..... | 106 |
| 5.3.4 | Fuentes de agua y su disponibilidad del municipio de Colcha K..... | 110 |
| 5.3.4.1 | Recursos hídricos superficiales en el municipio de Colcha K..... | 112 |
| 5.3.4.2 | Recursos hídricos subterráneos en el municipio de Colcha K..... | 116 |
| 5 | CONCLUSIONES | 117 |
| 6 | RECOMENDACIONES | 120 |
| 7 | BIBLIOGRAFIA..... | 122 |

INDICE DE CUADROS

| | | |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. | Variedades de quinua por sub regiones..... | 9 |
| Cuadro 2. | Altitud en el Altiplano Boliviano | 24 |
| Cuadro 3. | Coordenadas geográficas de los Municipios del área de investigación | 24 |
| Cuadro 4. | Temperatura y precipitación de los cuatro municipios de estudio | 25 |
| Cuadro 5. | Vegetación Altiplano central..... | 26 |
| Cuadro 6. | Vegetación Altiplano Sur | 26 |
| Cuadro 7. | Superficie cultivada de quinua en los municipios en estudio (2005 – 2006) | 35 |
| Cuadro 8. | Comunidades productoras de quinua en el municipio de Sica Sica ... | 41 |
| Cuadro 9. | Superficie cultivada de quinua en el Municipio de Salinas de Garci Mendoza..... | 43 |
| Cuadro 10. | Producción de quinua en el municipio de Llica | 47 |
| Cuadro 11. | Cantones del municipio de Colcha K y superficie cultivada de quinua | 49 |
| Cuadro 12. | Rendimiento promedio de quinua en los municipios de estudio (2005 – 2006)..... | 51 |
| Cuadro 13. | Rendimiento por comunidad en el municipio de Sica Sica (2005 – 2006)..... | 55 |
| Cuadro 14. | Rendimiento promedio de quinua en el municipio de Llica | 57 |
| Cuadro 15. | Rendimiento promedio de quinua en el municipio de Colcha K | 58 |
| Cuadro 16. | Volumen de producción de quinua en los municipios de estudio (2005 – 2006)..... | 60 |
| Cuadro 17. | Volumen de producción de quinua en el municipio de Llica (2005 – 2006)..... | 63 |
| Cuadro 18. | Volumen de producción de quinua en el municipio de Colcha K (2005 – 2006)..... | 67 |
| Cuadro 19. | Variedades de quinua real y su rendimiento | 81 |

| | | |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro 20. | Vertientes más importantes y su calidad de agua, en el municipio de Sica Sica | 94 |
| Cuadro 21. | Ríos , disponibilidad y calidad de agua, del municipio de Sica Sica | 96 |
| Cuadro 22. | Comunidades con perforación de pozos de agua, en el municipio de Sica Sica | 99 |
| Cuadro 23. | Comunidades con perforación de pozos de agua, en el municipio de Salinas de Garci Mendoza | 105 |
| Cuadro 24. | Vertientes importantes para la utilización de riego en el municipio de Llica..... | 107 |
| Cuadro 25. | Ríos con importancia para la aplicación de riego en comunidades del municipio de Llica..... | 108 |
| Cuadro 26. | Principales vertientes, para uso agrícola en las comunidades del municipio de Colcha K..... | 112 |
| Cuadro 27. | Ríos con importancia para riego en el municipio de Colcha K..... | 114 |
| Cuadro 28. | Principales lagunas en el municipio de Colcha K para uso opcional de riego..... | 114 |
| Cuadro 29. | Pozos identificados en comunidades del municipio de Colcha K.... | 116 |

INDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. | Esquema metodológico del trabajo de investigación..... | 28 |
| Figura 2. | Superficie cultivada de quinua en los municipios en estudio (2005 – 2006) | 36 |
| Figura 3. | Superficie cultivada de quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza por cantones | 44 |
| Figura 4. | Número de familias dedicadas al cultivo de quinua en el municipio de Llica | 46 |
| Figura 5 . | Superficie cultivada de quinua a nivel cantonal en el municipio de Llica (2005 – 2006)..... | 48 |
| Figura 6. | Superficie cultivada de quinua por cantones del municipio de Colcha K..... | 50 |
| Figura 7. | Rendimiento promedio de quinua en los municipios de estudio (2005 – 2006)..... | 52 |
| Figura 8. | Rendimiento promedio a nivel cantonal del municipio de Llica (2005-2006)..... | 59 |
| Figura 9 . | Rendimiento promedio de quinua en el municipio de Colcha K | 61 |
| Figura 10. | Volumen de producción de quinua a nivel nacional y municipal | 62 |
| Figura 11. | Volumen de producción de quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza a nivel cantonal | 64 |
| Figura 12. | Volumen de producción de quinua del municipio de Llica (2005 – 2006)..... | 66 |
| Figura 13. | Comportamiento de la producción en el Municipio de Colcha K | 68 |
| Figura 14. | Unidades fisiográficas para cultivar quinua en el municipio de Sica Sica | 70 |
| Figura 15. | Unidades fisiográficas para cultivar quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza | 72 |
| Figura 16. | Unidades fisiográficas para cultivar quinua en el municipio de Llica..... | 74 |

| | | |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 17. | Unidades fisiográficas para cultivar quinua en el municipio de Colcha K..... | 77 |
| Figura 18. | Georeferenciación de cultivos de quinua actuales en el área de estudio..... | 83 |
| Figura 19. | Zonas potenciales de producción de quinua favorables para la aplicación de riego deficitario en el municipio de Salinas de Garci Mendoza | 86 |
| Figura 20. | Zonas potenciales de producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Llica | 88 |
| Figura 21. | Zona potencial de producción de quinua convenientes para la aplicación de riego deficitario en el municipio de Colcha K..... | 91 |
| Figura 22. | Recursos hídricos superficiales en la zona de producción de quinua en el Municipio de Sica Sica..... | 95 |
| Figura 23. | Comunidades que cuentan con fuentes de agua en el Municipio de Sica Sica | 98 |
| Figura 24. | Recursos hídricos superficiales en la zona de producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Salinas de Garci Mendoza. | 101 |
| Figura 25. | Recursos hídricos superficiales en el municipio de Llica..... | 109 |
| Figura 26. | Comunidades que cuentan con fuentes de agua en el Municipio de Llica..... | 111 |
| Figura 27. | Zona potencial de producción de quinua con riego deficitario y recursos hídricos existentes en el municipio de Colcha K..... | 113 |
| Figura 28. | Comunidades que cuentan con fuentes de agua en el Municipio de Colcha K..... | 115 |

INDICE DE FOTOGRAFIAS

| | | |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Fotografía 1. | Parcelas de quinua en planicie y pie de monte en el municipio de Llica..... | 40 |
| Fotografía 2. | Cultivo de quinua en la comunidad de Ayamaya | 41 |
| Fotografía 3. | Cosecha de quinua en la comunidad de Surcavito | 41 |
| Fotografía 4. | Parcela de quinua en el Altiplano Central | 53 |
| Fotografía 5. | Parcelas de quinua en el Altiplano Sur | 54 |
| Fotografía 6. | Cultivos de quinua en planicie (Llica)..... | 75 |
| Fotografía 7. | Cultivos de quinua en ladera (Salinas de Garci Mendoza) | 75 |
| Fotografía 8. | Variedades de quinua real en la Comunidad de Irpani | 79 |
| Fotografía 9. | Banco de germoplasma de quinua real en la (Irpani)..... | 79 |
| Fotografía 10. | Phisara | 80 |
| Fotografía 11. | Pipocas de Quinua..... | 80 |
| Fotografía 12. | Río, Comunidad de Saitoco | 102 |
| Fotografía 13. | Estanque, Comunidad de Paco Kollo..... | 102 |
| Fotografía 14. | Parcela de quinua en descanso y sembradora (Salinas Garci Mendoza) | 103 |
| Fotografía 15. | Parcelas de quinua cosechadas y tholares alrededor..... | 104 |
| Fotografía 16. | Vertiente aprovechada para riego (Municipio de Llica) | 108 |

RESUMEN

La presente investigación fue realizada con el propósito de identificar zonas productoras de quinua y zonas potenciales para su producción, con la aplicación de riego deficitario, en cuatro municipios del Altiplano Central y Sur de Bolivia, desde un punto de vista de análisis institucional y funcional, para determinar superficie cultivada, rendimiento promedio, volumen de producción y recursos hídricos, que permitan establecer alternativas en función de elevar el rendimiento y por consecuencia la producción del cultivo de quinua.

Los municipios elegidos fueron Sica Sica en la provincia Aroma (Altiplano Central), Salinas de Garci Mendoza en la provincia Ladislao Cabrera, Colcha K en la provincia Nor Lípez y Llica en la provincia Daniel Campos (Altiplano Sur).

Para la recopilación de ésta información, se utilizaron los Planes de Desarrollo Municipal más recientes de los respectivos municipios, e investigaciones realizadas por diferentes instituciones gubernamentales y privadas que trabajan con el rubro, se consiguió material cartográfico digital del área de estudio y se realizó una georeferenciación en campo para respaldar los datos obtenidos de producción de quinua y recursos hídricos. Toda esta información fue trabajada en plataforma S.I.G. (Sistemas de Información Geográfica).

Es así, que bajo las condiciones en las que se efectuó la investigación, los resultados obtenidos fueron:

Las zonas productoras identificadas conforman los cantones de Salinas de Garci Mendoza, Jirira y Villa Esperanza en el municipio de Salinas de Garci Mendoza; Chacoma, Palaya, y San Pablo de Napa en el municipio de Llica; Zoniquera, San Cristóbal, y San Juan del Rosario en el municipio de Colcha K. En el municipio de Sica Sica no se ha llegado a determinar zona productora debido a la falta de registros de producción de quinua, por el grado de importancia que tiene la quinua dentro de este municipio. Salinas de Garci Mendoza, Llica y Colcha K, consideran a la producción de quinua como base principal de su economía en el sector agrícola.

Las zonas potenciales para incrementar la producción de quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza son el cantón Aroma, Ucumasi, Jirira, Villa Esperanza y Salinas de Garci Mendoza; en Llica los cantones de San Pablo de Napa, Chacoma, Palaya y Tres Cruces; y en Colcha K los cantones de Santiago de Agencha, Zoniquera, San Cristóbal y San Juan del Rosario.

Las zonas potenciales para la aplicación de riego deficitario son ; en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, son los que están a orillas del Salar de Uyuni y Coipasa, y lo conforman tres cantones Jirira, Villa Esperanza y Salinas de Garci Mendoza; en el Municipio de Llica no existen zonas potenciales de producción de quinua con la implementación de riego deficitario, debido a las condiciones agro climáticas desfavorables; y en el Municipio de Colcha K esta zona potencial se encuentra al noreste del cantón San Cristóbal, llegando a ser la única identificada en el municipio.

Se ha realizado la correlación de las zonas potenciales para cultivar quinua con riego deficitario con los recursos hídricos superficiales existentes en las zonas, llegando a corroborar con información cartográfica digital y registros de fuentes de agua de los diferentes municipios, la existencia de los mismos.

Los recursos hídricos que se aconsejan utilizar para el riego deficitario en la quinua, en los municipios de Salinas de Garci Mendoza y Colcha K, son los superficiales (ríos y vertientes) y prescindir de los recursos subterráneos

De manera concluyente, sí se puede pensar en la implementación de irrigación deficitaria en las zonas potenciales de producción de quinua, identificadas en los municipios de Salinas de Garci Mendoza y Colcha K, para elevar la producción del cultivo de quinua, ya que existen los recursos necesarios.

SUMMARY

The present investigation was carried out with the purpose of identifying areas quinoa producers and potential areas for its production, with the application of deficit watering, in four municipalities of the Central Altiplano and South of Bolivia, from a point of view of institutional and functional analysis, to determine cultivated surface, yield average, production volume and resources hídricos that allow to settle down alternative in function of elevating the yield and for consequence the production of the quinoa cultivation.

The elected municipalities were Sica Sica in the county Aroma (Central Altiplano), Salinas of Garci Mendoza in the county Ladislao Cabrera, Colcha K in the county Nor Lípez and Llica in the county Daniel Campos (South Altiplano).

For the summary of this information, the most recent Plans of Municipal Development in the respective municipalities, and investigations were used carried out by government and private different institutions that work with the item, cartographic digital material of the study area it was gotten and he/she was carried out a georeferenciación in field to support the obtained data of quinoa production and resources hídricos. All this information was worked in platform S.I.G. (Systems of Geographical Information).

It is this way that lower the conditions in those that the investigation was made, the obtained results were:

The areas identified producers conform the cantons of Salinas of Garci Mendoza, Jirira and Villa Esperanza in the municipality of Salinas of Garci Mendoza; Chacoma, Palaya, and San Pablo of Napa in the municipality of Llica; Zoniquera, San Cristóbal, and San Juan of Rosario in the municipality of Colcha K. In the municipality of Sica Sica you has not ended up determining area producer due to the lack of registrations of quinoa production, for the grade of importance that has the quinoa inside this municipality. Salinas of Garci Mendoza, Llica and Colcha K, considers to the quinoa production like main base of its economy in the agricultural sector.

The potential areas to increase the quinoa production in the municipality of Salinas of Garci Mendoza are the canton Aroma, Ucumasi, Jirira, Villa Esperanza and Salinas of Garci Mendoza; in Llica the cantons of San Pablo of Napa, Chacoma, Palaya and Three Cruces; and in Colcha K the cantons of Santiago of Agencha, Zoniquera, San Cristóbal and San Juan of Rosario.

The potential areas for the application of deficit watering are; in the municipality of Salinas of Garci Mendoza, they are those that are beside Salting of Uyuni and Coipasa, and they conform it three cantons Jirira, Villa Esperanza and Salinas of Garci Mendoza; in the Municipality of Llica potential areas of quinoa production don't exist with the implementation of deficit watering, due to the climatic unfavorable conditions agriculture; and in the Municipality of Colcha K this potential area is to the northeast of the canton San Cristóbal, ending up being the only one identified in the municipality.

He/she has been carried out the correlation of the potential areas to cultivate quinoa with deficit watering with the resources superficial existent hídricos in the areas, ending up corroborating with cartographic digital information and registrations of water fountains of the different municipalities, the existence of the same ones.

The resources hídricos that seek advice to use for the deficit watering in the quinoa, in the municipalities of Salinas of Garci Mendoza and Colcha K, is the superficial (rivers and slopes) ones and to do without of the underground resources

In a conclusive way, yes one can think of the implementation of deficit irrigation in the potential areas of quinoa production, identified in the municipalities of Salinas of Garci Mendoza and Colcha K, to elevate the production of the quinoa cultivation, since the necessary resources exist.

1 INTRODUCCION

Las condiciones agro-climáticas del Altiplano boliviano, se caracterizan por la presencia de factores desfavorables como la sequía, helada, granizada, etc. En estas condiciones se desarrollan especies vegetales de importancia económica, las cuales se adaptan a estas condiciones climáticas adversas.

La quinua es una especie alternativa estratégica para toda el área andina, con alto nivel de resistencia a diversos factores adversos, incluso puede producir con cantidades de agua tan bajas como 150 mm/ciclo, sin embargo, este alto nivel de resistencia se traduce también en fuertes reducciones de rendimiento; juega un papel importante en la seguridad alimentaria de nuestro país y actualmente es el alimento perfecto para el mundo entero, por su aporte nutricional valioso.

En la década de los 70s y 80s, el crecimiento de la demanda del grano de quinua en el mercado ha ocasionado una expansión del cultivo de las laderas hacia las planicies. El incremento de la exportación de quinua en la época de los 90s, ha renovado un mayor interés de parte de los productores para mejorar la producción de quinua.

Uno de los principales problemas que enfrenta el sector agropecuario en Bolivia es la irregularidad en las condiciones meteorológicas así como las insuficientes precipitaciones en algunas regiones resultan en altos riesgos y vulnerabilidad en la producción agrícola y pecuaria. La vulnerabilidad sectorial ante estas circunstancias adquiere mayor relieve con la falta de previsiones que permitan aminorar los efectos de estas contingencias.

La agricultura de secano se encuentra cerca del 80 % de las tierras arables y con riego en 20 %, produciendo el 40 % de los cultivos alimenticios del mundo. Para satisfacer la futura demanda de alimentos se espera que relativamente más cultivos

sean producidos bajo riego en lugar de cultivos de secano y similares cantidades de alimentos provendrán de ambos tipos de agricultura.

Además, el impacto del cambio climático, cuyos efectos son en general ignorados, es probable que contribuya a que la escasez de agua sobretodo en países pobres y dentro de ellos las personas más pobres, sufran desproporcionadamente ya que son menos adaptables a las condiciones cambiantes.

El desarrollo agrícola basado en la conservación del agua y el riego es a menudo considerado como un elemento promisorio para aliviar la pobreza en las áreas rurales, pero la baja precipitación pluvial y la sequía en las zonas áridas y semiáridas que caracteriza nuestro Altiplano boliviano, afectan la producción de quinua, entonces para satisfacer la futura demanda de este producto, se espera que sea producido bajo condiciones de riego deficitario, indicando un potencial significativo para mejorar los rendimientos en esas condiciones adversas.

Estudios realizados, demuestran que el rendimiento en el cultivo de quinua puede ser intensificado con la aplicación de riego deficitario en etapas fenológicas críticas, pudiendo alcanzar niveles muy por encima del promedio nacional.

Si bien, de un modo general se conoce las características de rusticidad de la quinua y su producción alternativa para nuestro Altiplano boliviano, muy poco se ha estudiado sobre zonas potenciales para la producción del cultivo y los recursos hídricos con que cuentan y el aprovechamiento racional que se les podría dar en el futuro; cuya zonificación e identificación facilitarían a la implementación de nuevos proyectos en estas regiones, para mejorar la calidad de vida de la población, la recuperación de los escasos recursos naturales, ejemplos tan relevantes como la degradación de los suelos por la pérdida de la fertilidad y por la erosión.

Es en este contexto, los resultados obtenidos en la investigación en el marco de zonificación de áreas de producción de quinua en cuatro municipios del Altiplano

boliviano, con fines de implementar el riego deficitario, corresponden a un análisis de las variables agronómicas y factores climáticos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Zonificar la distribución del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) en cuatro Municipios tipo del Altiplano boliviano con el fin de evaluar la posibilidad de implementar sistemas de riego deficitario.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar la distribución espacial de las zonas productoras de quinua en cuatro municipios del Altiplano Central y Altiplano Sur.
- Determinar zonas potenciales para la producción de quinua.
- Correlacionar la información obtenida con los recursos hídricos superficiales y atmosféricos de importancia.

2 REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Características del Altiplano Boliviano

El altiplano se caracteriza por una topografía mayormente plana, con una altura entre 3500 y 4100 msnm, y una precipitación media anual de 100 a 700 mm. Las condiciones agro - climáticas son severas, con altos riesgos para los cultivos, tales como heladas, sequías y granizadas (Graham, 1997).

El Altiplano boliviano se caracteriza por una baja precipitación y frecuencia elevada de heladas, aspectos que inciden negativamente en la producción agrícola. Sus características físicas de suelo son también variables, presentando un rango muy amplio en clase de textura y drenaje.

A pesar de esto, el antiguo hombre andino – altiplánico ha buscado a través del tiempo formas y tecnologías que se adapten al medio ambiente y que le permitan producir su alimento, aprovechando lo que la naturaleza le brindó. En este sentido, la quinua se ha constituido en un alimento básico de la zona andina (FDTA, 2002a).

2.2 Características del cultivo de quinua

2.2.1 La quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es un pseudo – cereal herbáceo anual (Pelupessy y Romero, 2002), conocido así debido a que es una planta dicotiledónea que no es miembro de la familia *Poaceae*, otro ejemplo de pseudo – cereal es el amaranto (*amaranthus caudatus*); presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agro ecológicas donde se la cultiva (Mújica *et al.*, 2001a).

2.2.2 Importancia de la quinua

La quinua es considerada como el “Grano de oro de Los Andes” y se ha constituido, por aspectos socioeconómicos y culturales, en uno de los cultivos importantes en los sistemas de producción del Altiplano boliviano y que en los últimos años ha

despertado mayor interés por su potencial nutritivo. Este grano es el único alimento vegetal que provee diez aminoácidos esenciales (isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, tirosina, triptófano, treonina, valina, histidina) para el ser humano en valores cercanos a los establecidos por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), lo cual hace que su proteína sea de excelente calidad; sus características nutritivas hacen que se equipare a la leche (FAO, 2004).

En el departamento de La Paz, en el municipio de Sica Sica, la producción de quinua esta en un segundo lugar de importancia para el agricultor, este grano es importante tanto para su alimentación y comercialización (Aliaga, 2007).

Según estudios de Pacheco (2004), en el municipio de Salinas de Garci Mendoza (Departamento de Oruro), las condiciones climáticas adversas han determinado una limitación de la diversidad de cultivos, de tal forma que la quinua, se ha constituido en el principal cultivo del área.

Así también en los municipios de Llica y Colcha K, la quinua es el cultivo tradicional más adaptado a las condiciones de clima y suelo de la región. Para la mayoría de las familias campesinas de la región, es la actividad económica más importante (SEDAG, 2006).

2.2.3 Producción a nivel Mundial

La quinua, que estuvo confinada hace poco a los países andinos, ha sido llevada fuera de sus áreas de producción. Las características nutricionales de la quinua, su rusticidad, amplia adaptabilidad y usos múltiples, explican el interés en su cultivo, no sólo en América del Sur sino en gran parte del mundo (Jacobsen y Risi, 2001).

Los principales productores de este grano a nivel mundial son: Bolivia, Perú, Ecuador, y Colombia. Bolivia con más de 47534 hectáreas cultivadas y alrededor de 30412 toneladas cosechadas, de las cuales un 49 % es consumida por las familias

productoras, 35 % se venden en los mercados locales y el resto para mercados externos, constituyéndose así como el primer productor y exportador de quinua en el mundo, siendo productores exclusivos tanto el Altiplano Central como Sur de Bolivia (Viñas, 2000).

Coila *et al.* (2001), señalan que después de Bolivia, sigue el Perú que viene incrementando su producción habiendo sembrado y cosechado cerca de 27000 hectáreas producidas, Ecuador tiene aproximadamente 1000 hectáreas en producción, en los Estados Unidos (Colorado), 800 hectáreas, en Canadá, 100 hectáreas y 20 ha en Alemania, entre otros. El Altiplano puneño en el Perú y el Altiplano Sur de Bolivia, son zonas de mayor producción de la quinua en el mundo, están sujetos a grandes variaciones climáticas que significan alto riesgo en la agricultura.

Bolivia es el principal exportador de quinua en el mundo, le sigue Perú, luego Ecuador y las ventas externas oficiales muestran que entre los años 2005 y 2006 las exportaciones de este producto crecieron en un 61,8 %, (Anexo N° 2).

Pero existe una clara tendencia al aumento debido a la creciente aceptación de la quinua en el mercado de productos orgánicos, exóticos y altamente nutritivos de los países desarrollados, (CEPROBOL, 2007).

También hay potencial para exportar productos con valor agregado como fideos, granolas, barras energéticas, harinas, lo cual estimularía la industria y la generación de empleos. Salinas y otras poblaciones de Oruro son las zonas de donde proviene el 60,2 % de la producción de la quinua, que se destina para fines comerciales y representa el 85 por ciento de los ingresos de los pobladores.

2.2.4 Producción a nivel Nacional

Coila *et al.* (2001), expresan que en Bolivia, un fragmento del Altiplano Central y todo el Altiplano Sur, son productores en gran escala exclusivo de la quinua y que la producción nacional es alrededor del 70 % de la producción mundial en los años

1996 a 1999, tanto en superficie cultivada y producción se esta incrementando ligeramente, aunque el rendimiento unitario permanece estacionario, debido entre otras causas a que la demanda externa esta creciendo significativamente.

2.2.4.1 Superficie cultivada

La superficie cultivada de quinua en nuestro país se ha incrementado significativamente, de un total de 12000 hectáreas, en 1972 hasta 50000 hectáreas en 1988. En los últimos 9 años, la superficie promedio fue de 38505 hectáreas cultivadas (Aroni, 2000).

Según el CAF, CID, CLACDS – INACE (2001) desde el año 1990 se ha observado una dinámica importante en la superficie cultivada en nuestro país, hasta llegar a más de 35 mil hectáreas cultivadas en el año 2001.

Para la FAO (2004), la superficie cultivada durante los últimos 11 años se ha mantenido más o menos constante con 37 mil hectáreas por año.

Para la Prefectura del Departamento de Potosí (2006), la quinua en Bolivia se cultiva en una superficie cada vez más creciente, hace 10 años se tenía 37500 hectáreas, llegando en la actualidad a 43782 hectáreas.

2.2.4.2 Rendimiento promedio

La quinua es un cultivo muy importante en la evolución socio económica del poblador andino, su rendimiento esta determinado por características intrínsecas hereditarias y modificadas por una gran variedad de agentes extrínsecos ambientales, por ello, los factores de resistencia ambiental biótica y abiótica influyen adversamente en la producción y productividad de la quinua (Ortíz , 1998).

Mújica *et al.* (2001b), indican que los rendimientos en general varían de acuerdo a las variedades, puesto que existen unas con mayor capacidad genética de producción que otras. Varían también de acuerdo a la fertilización o abonamiento

proporcionado, debido a que la quinua responde favorablemente a una mayor fertilización sobre todo nitrogenada y fosfórica. También dependerá de las labores culturales y controles fitosanitarios oportunos proporcionados durante su ciclo.

De acuerdo a los factores mencionados y adicionando otros, el rendimiento promedio del cultivo varía, en el municipio de Sica Sica es 264 kg/ha (Aliaga, 2007), en el municipio de Salinas de Garci Mendoza fluctúa entre 400 – 750 kg/ha y en el municipio de Llica 400 – 600 kg/ha (CICPDA, 2000) y por último en el municipio de Colcha K es 600 kg/ha (FAO, 2004).

2.2.4.3 Volumen de producción

Para Collao (2001), de 1981 a 1997, Bolivia fue el principal productor mundial de este producto, sobre todo entre 1983 y 1996, con una producción de cerca de 13000 a más de 26000 toneladas anuales.

Según Laguna (2002), menciona que Bolivia juega un papel primordial en la producción mundial de quinua. Esta es exclusivamente producida por pequeños agricultores que cultivan principalmente ecotipos de los grupos “salar” y “altiplano” y de manera muy marginal ecotipos del tipo “valle”. De 1981 a 1997, este país fue el principal productor mundial de este producto, sobre todo entre 1983 y 1996, con un aumento de cerca de 13000 a más de 26000 toneladas anuales. (Anexo N° 1).

Esta situación se ha propiciado inicialmente por el incremento de la superficie nacional de unos 15000 ha a principios de los años 80 a más de 45000 hectáreas en 1989, para luego estabilizarse alrededor de 40000 hectáreas anuales. No obstante, el crecimiento de la superficie de quinua en Bolivia es desigual. Desde mediados de los años 80s, el área de cultivo aumentó esencialmente en las riberas del Salar de Uyuni, Altiplano Sur, gracias a la adopción de la labranza mecanizada de suelos.

2.2.4.4 Variedades

En Bolivia tenemos las siguientes variedades de quinua: Sajama, Sayaña, Chucapaca, Kamiri, Huaranga, Ratuqui, Samaranti, Robura, Real, Toledo, Pandela, Utusaya, Mañiqueña, Señora, Achachino, Lipeña (Mújica *et al.*, 2001b).

Las principales variedades que están presentes en las distintas sub regiones del altiplano se las resumen a continuación en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variedades de quinua por sub regiones

| ALTIPLANO NORTE | ALTIPLANO CENTRO | ALTIPLANO SUR |
|-----------------|------------------|-------------------|
| Coitu | Pandela | Pandela |
| Jancko Jupha | Blanco | Iloa |
| Wila Jupha | Utusaya | Jancko Mocko |
| Killu Jupha | Pasankalla | Chillpi |
| Pitu Jupha | Willa Koimini | Toledo |
| Isla | Killu | Miska |
| Jeru Jupha | Toledo | Tinnsa |
| Real | Kaslala | Rancha |
| Muja Jupha | Kutu Kutu | Pasankalla |
| | Yri | Karapela Chuchoca |

Fuente: FDTA, 2002a.

Por su parte la FAO (2004) afirma que, existen siete variedades registradas por el Programa Nacional de Semillas: Sajama, Samaranti, Kamiri, Chucapaca, Sayaña, Ratuqui y Robura. Contrariamente a lo que se cree, la variedad “real” no existe. Lo que en el mercado se vende como variedad “real” es solamente una colección de granos, de una o más variedades, que reúnen las características de ser más grandes que el promedio y ser más brillantes.

La Quinua Real sólo se produce en la región de los Lípez, Altiplano Sur de Bolivia, que tiene un ecosistema apropiado, en cambio la variedad de quinua dulce se produce en los departamentos de Oruro y norte de La Paz (Prefectura del Departamento de Potosí, 2006).

Según el Centro Internacional de Cooperación para el Desarrollo Agrícola (2000), para disminuir riesgos ligados al clima y plagas, como también para satisfacer el autoconsumo, se siembran diferentes variedades de quinua, que van desde granos con alto rendimiento y con alta demanda comercial (Utusaya), para alimentos específicos (Toledo para el pito, K'ellu para el graneado), resistentes a la helada (Koito) y plagas (Pandela).

2.2.5 Zonas Productoras

La producción de quinua se encuentra localizada en la zona altiplánica de Bolivia, que a su vez está subdividida en tres áreas: Altiplano Norte, Centro y Sur. En los Altiplanos Norte y Centro el cultivo forma parte de un sistema de rotación después de la papa, pero en el Altiplano Sur se ha desarrollado un sistema de monocultivo, porque la quinua es el único cultivo que se adapta a las condiciones ambientales de la zona (FAO, 2004).

El CEPROBOL (2007), menciona que las principales áreas de cultivo que se han desarrollado en el país están en: La Paz, en las provincias Aroma y Gualberto Villarroel; en Oruro, la región de Salinas de Garci Mendoza en la provincia Ladislao Cabrera y en Potosí, la región de Llica, provincia Daniel Campos como una de las zonas que produce quinua de alta calidad.

2.2.6 Zonas potenciales

Tapia y Aroni (2001), indican que el Altiplano Sur, tiene cierta potencialidad para la expansión de la producción de quinua tipo Real, sin embargo el cultivo es de alto riesgo principalmente por las limitaciones derivadas de los factores adversos del clima.

2.2.7 Factores abióticos que determinan la producción de quinua

2.2.7.1 Altitud

Según Mújica *et al.* (2001b), la quinua crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4000 metros sobre el nivel del mar.

Entre éste amplio rango de altitud, se desarrollan diversidad de ecotipos, los cuales han desarrollado adaptaciones morfológicas y fisiológicas particulares al ecosistema en el que viven, por la presencia de estas adaptaciones son particulares a las condiciones edafoclimáticas de las eco – regiones del grupo al que pertenecen y pueden difícilmente adaptarse a otro (Pelupesy y Romero, 2002).

2.2.7.2 Clima

El mismo autor señala, que la quinua por ser una planta muy plástica (lo cual involucra una rápida y alta flexibilidad para reaccionar a los cambios en la distribución de los recursos dentro el hábitat, dichos cambios son ajustes morfogenéticos, tanto en la distribución de productos fotosintetizados entre la raíz y el vástago, como en el tamaño, morfología y distribución de las hojas individuales y las raíces, una característica que involucra una alta tasa de reinversión de materiales adquiridos en el crecimiento y la respiración) y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa, hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas.

2.2.7.3 Suelos

Tapia (1970), considera que el cultivo de la quinua tiene un mejor desarrollo en suelos de textura arenosa o arcillo limosa.

La quinua prefiere un suelo franco, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica con pendientes moderadas y un contenido medio de nutrientes. También

puede adaptarse a suelos franco arenosos, arenosos o franco arcillosos, siempre que se le dote de nutrientes y no exista la posibilidad de encharcamiento del agua (Mújica *et al.*, 2001b).

Para que el cultivo de la quinua tenga un buen desarrollo y una buena producción, se requiere de suelos bien drenados de textura franco-arenosa a arenosa, (Tapia y Aroni, 2001).

En general en la zona andina, cuando se siembra después de la papa, el contenido de materia orgánica y de nutrientes es favorable para el cultivo de la quinua, por la descomposición lenta del estiércol y preferencias nutricionales de la papa, en algunos casos casi está completo sus requerimientos y solo necesita un abonamiento complementario, sin embargo cuando se siembra después de una gramínea es necesario no sólo utilizar materia orgánica en una proporción de tres toneladas por hectárea, sino fertilización equivalente en promedio a 174 kg/ha de urea del 46 % y 88 kg/ha de superfosfato de calcio triple del 46 %, y nada de potasio por la gran disponibilidad en los suelos de los Andes y en general de Sudamérica debido a que en el suelo existen arcillas que retienen en grandes cantidades al potasio (Mújica *et al.*, 2001b).

Para el mismo autor, los suelos de las zonas de producción de quinua en el área andina son de muy baja fertilidad natural, por su bajo contenido de materia orgánica y presencia de sales, altamente susceptibles a un rápido deterioro en condiciones de manejo inadecuado.

2.2.7.4 Precipitación pluvial

La precipitación es un factor importante teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos se desarrolla como cultivo a secano. Al respecto Tapia (1970) considera que el cultivo de la quinua requiere como mínimo de 300 a 600 mm de precipitación anual y distribuída lo más uniformemente posible.

Por su parte Mújica (1997), menciona que la planta de quinua es un organismo eficiente en el uso del agua, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no sólo escapar del déficit de humedad sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo.

A la quinua se le encuentra creciendo y dando producciones aceptables con precipitaciones mínimas de 200 - 250 mm anuales, como es el caso del Altiplano Sur boliviano, en zonas como Salinas de Garci Mendoza, Uyuni, Coipasa y áreas aledañas a Llica, lógicamente con un manejo adecuado que permite almacenar agua y utilizarlas en forma eficiente y apropiada así como con genotipos específicos y adecuados a dichas condiciones de déficit de humedad. Sin embargo de acuerdo a los últimas investigaciones efectuadas se ha determinado que la humedad del suelo equivalente a capacidad de campo, constituye exceso de agua para el normal crecimiento y producción de la quinua, siendo suficiente sólo $\frac{3}{4}$ de capacidad de campo ideal para su producción, por ello los campesinos tienen la perspectiva de indicar y pronosticar que en los años secos se obtiene buena producción de quinua y no así en los lluviosos (Mújica *et al.*, 2001b).

2.2.7.5 Temperatura

La temperatura promedio adecuada para el cultivo de la quinua está alrededor de 15 a 20 °C. Sin embargo, se ha observado que con temperaturas promedio de 10 °C se desarrolla perfectamente el cultivo. Respecto a temperaturas extremas se ha observado que temperaturas por encima de 38 °C producen aborto de flores y muerte de estigmas y estambres (Junta Acuerdo Cartagena, 1990).

Al respecto Ramos (1996), señala que se admite como límite de tolerancia de la quinua -12 °C en plántula , - 7.8 °C en floración y - 10.4 °C en grano lechoso.

2.2.8 Factores adversos que afectan la producción de quinua

Las características agro - climáticas de las zonas de producción de quinua en el área andina, hacen que ésta sea una actividad permanentemente de alto riesgo. Entre los factores adversos abióticos más nocivos que afectan al cultivo de la quinua, tenemos

a la sequía, helada, salinidad de los suelos, viento, plaga y enfermedades. Estos factores adversos afectan a la producción de la quinua en diferentes proporciones, desde pequeños daños con relativa disminución de la producción, hasta una pérdida total de las cosechas (Mújica *et al.*, 2001c).

2.2.8.1 Sequía

Sánchez y Aguirreolea (1993), definen la sequía como la falta de agua o insuficiencia de precipitación durante un período largo de tiempo, que provoca un desequilibrio hidrológico considerable y por tanto, restricción en el suministro de agua.

Al respecto Aguilar (1999), indica que la quinua es una planta que soporta severos y prolongados déficit hídricos, durante las diferentes etapas de su crecimiento (tolerancia) y a su vez observó rendimientos de 1500 kg/ha con sólo 190 mm de lluvia, durante su crecimiento.

De acuerdo a estudios realizados por Huiza (1994), reporta 60 por ciento de pérdida, en el rendimiento de grano, debido a que la sequía se presentó en la fase fenológica de grano lechoso.

La sequía desde el punto de vista agronómico la podemos definir como la falta de humedad que afecta sensiblemente al normal crecimiento y desarrollo de la planta afectando sus principales funciones y disminuyendo su potencial productivo o rendimiento de sus órganos, el cual puede ocurrir en cualquier etapa fenológica de su desarrollo. La quinua es una planta resistente a la sequía porque además de sobrevivir en condiciones de escasa humedad, es capaz de dar producciones de grano y materia verde para el consumo tanto humano como animal, que sean económicamente aceptables y rentables, debido a una serie de modificaciones y mecanismos (Mújica *et al.*, 2001c).

2.2.8.2 Heladas

Las heladas son también factores limitantes e importantes de la producción de quinua. Estas ocurren con mayor frecuencia e intensidad a altitudes por encima de los 3000 msnm. Las heladas pueden suscitarse en cualquier etapa fenológica del crecimiento de las plantas de quinua, con consecuencias fatales para la producción; puesto que en las zonas de mayor producción está constantemente afectada por los descensos bruscos de temperatura y en algunos casos presencia de heladas de considerable intensidad (Mújica *et al.*, 2001c).

La tolerancia a heladas varía según la variedad (Alegría, 1998). Así Canahua y Rea (1979), mencionan que la variedad Sajama mostró tolerancia a temperaturas de - 5 °C mientras que la variedad Kancolla es susceptible a estas mismas condiciones.

Se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta - 8 °C, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano (Mújica *et al.*, 2001c).

El efecto de las heladas varía también de acuerdo a la ubicación del cultivo (Tapia, 1979, Carrasco, 1988) en pampas abiertas la exposición es mayor y los efectos de las heladas son más fuertes, hay en cambio condiciones más favorables en las laderas y en hoyadas de cerros.

2.2.8.3 Vientos

Los vientos también afectan la producción de quinua en los Andes sobre todo en las zonas áridas del altiplano y algunos valles interandinos, causando el acame de las mismas y en algunos casos de erosión eólica, la cual causa el entierro de las semillas y plántulas en el inicio de su desarrollo, desecación de plantas y del propio suelo, como lo ocurre en los salares de Uyuni, Salinas de Garci Mendoza, Coipasa y Llica en Bolivia (San Martín y Paz, 1988).

2.2.8.4 Salinidad

La salinidad es otro factor limitante de la producción de la quinua, el cual causa disminución de la producción debida a una reducción del área foliar.

Las zonas de mayor producción de quinua en el mundo corresponden a los salares del Altiplano sur de Bolivia, donde existe gran concentración de sales principalmente cloro y sodio, sin embargo se obtiene en promedio 1000 kilogramos por hectárea de quinua de buena calidad, utilizando una tecnología ancestral propia y adecuada para dichas condiciones. Esto nos indicaría que la quinua es una planta que tolera la presencia de sales en el suelo (Mújica *et al.*, 2001c)

Estudios realizados por el mismo autor, reportan que el mayor rendimiento de grano y materia seca en quinua se obtuvo en el rango de salinidad letal para el crecimiento y desarrollo de las plantas de quinua por encima de 8.1 a 16 mS/cm. los efectos de la sal, son la disminución del tamaño de la planta y la defoliación.

2.2.8.5 Plagas y enfermedades

Saravia y Quispe (2005), expresan que según estudios realizados, las pérdidas en la producción de quinua, ocasionadas por plagas representan un promedio de 33.37 y 21.31 % en el Altiplano Sur y Altiplano Central respectivamente.

Entre las principales plagas podemos mencionar al complejo de ticonas: (*Agrotis* sp., *Copitarsia turbata* Herrich y Schäffer, *Spodoptera frugiperda* (Serville) y *Feltia experta* Walker (Noctuidae: Lepidoptera), que atacan partes de tallo y hojas, en casos de ataques severos se pueden encontrar hasta 80 larvas por hoyo, con plantas totalmente defoliadas. La Kona kona (*Eurysacca quinoae* Meyrick) (Gelechiidae: Lepidoptera)) es otra plaga clave del cultivo de la quinua que tiene su incidencia preferentemente en el período de cosecha, ataca particularmente a la panoja y puede destruir un cultivo en menos de una semana (Tapia y Aroni, 2001).

Así mismo condiciones ambientales con alta humedad favorecen el desarrollo del mildiu (*Peronospora farinosa*), enfermedad que se presenta en la mayoría de los lugares donde se cultiva la quinua. por la gran diversidad genética del patógeno y que bajo condiciones de alta presión de la misma los rendimientos se reducen de 33 a 58 % (Danielsen *et al.*, 2000).

2.3 Riego

2.3.1 Generalidades de riego

El riego es definido, como el suministro oportuno de la cantidad adecuada de agua a los cultivos, de tal manera que estos no sufran una disminución en sus rendimientos y sin causar daños al medio ambiente (Chipana, 1996).

Gurovich (1999), define al riego como una técnica o práctica de producción, como una aplicación oportuna o uniforme de agua a un perfil de suelo para reponer en éste, el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos.

Frías (1998), citado por Mendoza (2004), menciona que, el riego por ser uno de los dinamizadores de la agricultura en zonas de nuestro país y muy particularmente en el altiplano, donde se tienen zonas áridas y semiáridas para la producción agrícola, se caracteriza fundamentalmente por suplir las deficiencias que existen por la falta de lluvias, cuando estos no son suficientes para satisfacer y completar las necesidades de los cultivos durante el año agrícola, siendo el eje principal en la agricultura.

El riego consiste en suministrar a la planta, el agua que necesita, cuando no abastece la cantidad de agua suministrada por la lluvia. Las prácticas de captación in situ de agua de lluvia y el aprovechamiento de escurrimientos superficiales reducen el riesgo de pérdidas de las cosechas por sequía, al incorporar volúmenes adicionales de agua a las actividades agrícolas (Cossio, 2006).

De la misma manera el PNR (2005) menciona, que el riego tiene un papel fundamental en la agricultura campesina boliviana y constituye un factor clave para mejorar la seguridad alimentaria y permitir la introducción de tecnología adecuada para lograr mayor productividad agrícola.

2.3.2 Riego suplementario o deficitario

El riego suplementario es la aplicación de riego cuando la lluvia no es suficiente para los requerimientos de la planta. La cantidad adicional aplicada sola es insuficiente para la sobrevivencia del cultivo (Oweis, 1997).

El riego deficitario (English, 1990) tiene como meta principal de maximizar la eficiencia del uso del agua y de estabilizar la producción en vez de maximizar la producción. Eso es muy válido en lugares con recursos limitados de agua como el Altiplano.

La importancia del riego suplementario radica en que una aflicción oportuna, en determinadas fases fenológicas, reduce pérdidas de rendimiento de las plantas cultivadas. En el cultivo de la quinua para asegurar la germinación, en regiones secas se efectúa riego suplementario para evitar fracasos en las primeras fases de su crecimiento (Freere *et al.*, 1978).

El riego suplementario puede tener un aporte significativo en regiones con precipitaciones erráticas y muchas veces concentradas en sólo 2 ó 3 meses (Ramos, 2000).

2.3.3 Fuentes de abastecimiento de agua para riego

El PNR (2005), sostiene que Bolivia dispone de abundantes recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos. Sin embargo, su distribución temporal, espacial y altitudinal y la enorme variación hidrológica micro-regional, dificultan el aprovechamiento y gestión eficiente del agua.

2.3.3.1 Recursos hídricos superficiales

Según Vásquez (s.f.) las aguas superficiales son todas las aguas que fluyen sobre la superficie de la tierra formando cursos o corrientes. Proviene directamente de la escorrentía superficial que fluye o circula por el subsuelo. En el primer caso son los ríos, quebradas y lagunas. En el segundo caso, los manantiales.

Por su parte Montes de Oca (1992) señala que las aguas superficiales comprenden un complejo sistema de ríos, lagos, lagunas, humedales y otros cuerpos de agua. Los recursos hídricos superficiales de una determinada región provienen de la precipitación pluvial caída en su cuenca de alimentación y de los manantiales.

2.3.3.2 Recursos hídricos subterráneos

Por agua subterránea se entiende el agua que ocupa todos los vacíos dentro el estrato geológico, comprende toda el agua que se encuentra por debajo del nivel freático (Villón, 2002).

Orsag (1989), menciona que existe la alternativa de agua en el altiplano (pozos y ríos) como una solución bastante alentadora mediante la aplicación del riego, comparando con la agricultura tradicional a secano, pero se debe tener cuidado en considerar el tipo de suelo, así como la calidad de agua para tener un riego más eficiente y menor erosivo.

Coincidiendo con lo anterior, Montes de Oca (2005) menciona que en el país existe gran disponibilidad de agua subterránea de buena calidad, que constituyen un recurso potencial para el abastecimiento de agua con fines de dotación de agua a poblaciones, para riego e industria, que al presente solo se las aprovechan en mínima cantidad.

En el país existen grandes disponibilidades de agua subterránea de buena calidad que constituyen un alto potencial para el abastecimiento de agua potable a las ciudades y la industria, y para la expansión del riego en algunas regiones. Las aguas

subterráneas no siempre son tomadas en cuenta en planes de manejo de cuencas, a pesar de que un gran porcentaje del abastecimiento de agua potable y de riego en las zonas rurales y urbanas proviene de acuíferos subterráneos. Desafortunadamente, en Bolivia todavía no se ha realizado un inventario de los recursos de agua subterráneos (PNR, 2005)

2.3.4 Riego y quinua

La quinua en la zona andina es cultivada solamente con las precipitaciones pluviales y en forma excepcional, se utiliza riego el cual constituye un elemento complementario con la finalidad de suministrar humedad en épocas de sequía prolongada o para adelantar las siembras, y solo en los lugares donde se dispone de fuentes de agua (Mújica *et al.*, 2001c).

Tapia y Aroni (2001), mencionan que en las zonas productoras del Altiplano Sur, un 97 por ciento del cultivo es a secano. Respecto a la experiencia de riego en el cultivo de la quinua, solamente se puede mencionar la realizada en comunidades que tienen el privilegio de contar con fuentes de agua, que les ha permitido la construcción de sistemas de riego para cultivar quinua en superficies relativamente extensas.

Ramos (2000), encontró que el riego suplementario hasta madurez fisiológica, favorece positivamente al rendimiento de grano 906.37 kg/ha y con los demás tratamientos que se encontraron con supresión de riego afecta de forma negativa al rendimiento de grano en un 20 a 29.5 por ciento.

Al respecto Alanoca (2002), menciona que un cultivo con instalación de riego por aspersión permite mejor y mayor rendimiento de la quinua, al incrementarse la producción se incrementan los ingresos de los agricultores.

De manera similar estudios realizados por Mamani (2007) muestran que el tratamiento con continuo estrés hídrico muestra que los cultivos de quinua durante años secos o muy secos resultan en un rendimiento pobre con relación a cualquier

otra opción de aplicación de agua. Por lo tanto es muy recomendable aplicar riego suplementario en años secos en etapas sensibles, incluso en pequeñas cantidades.

2.4 Sistemas de Información Geográfica

Un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.), es un conjunto de elementos físicos y lógicos, de personas y metodologías, que interactúan de manera organizada, para adquirir, almacenar y procesar datos georeferenciados, para luego producir información útil en la toma de decisiones .

Escobar *et al.* (1994), menciona que el S.I.G., es un modelo informatizado del mundo real, descrito en un sistema de referencia cartográfico, creado y manejado mediante herramienta computacional y establecida para satisfacer determinados objetivos y necesidades de información del territorio, capaz de responder un conjunto de preguntas específicas, que a la vez pueden ser dinámicas.

Un S.I.G. se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñadas para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar preguntas de modo inmediato (Disponible en: <http://www.formaciónsig.com>).

Las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionados por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología S.I.G. permite almacenar y manipular información usando geografía y para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, todo para contribuir a tomar mejores decisiones (Iturry, 2004).

2.4.1 Georeferenciación

En términos conceptuales la georeferenciación es un procedimiento mediante el cual un objeto es ubicado, sobre la superficie de la tierra y recibe una localización que identifica su posición espacial con respecto a un punto de coordenadas conocidas o marco de referencia (Loza *et al.*, 2000).

La georeferenciación se refiere al proceso de asignar coordenadas de mapa a los datos de imagen. La rectificación, por definición, involucra la georeferenciación ya que todos los sistemas de proyección de mapas están asociados con coordenadas de mapas (Disponible en:<http://www.iafe.uba.ar>).

3 LOCALIZACION

El Altiplano boliviano es una macrocoregión que de acuerdo a características climáticas y de suelo se divide en tres regiones: Altiplano Norte, Central y Sur.

Dentro de esta región, fueron seleccionados como área de investigación cuatro municipios característicos en la producción de quinua; el municipio de Sica Sica localizado en la provincia Aroma del departamento de La Paz (Altiplano Central), el municipio de Salinas de Garci Mendoza localizado en la provincia Ladislao Cabrera del departamento de Oruro (Altiplano Sur) y los municipios de Llica y Colcha K que están localizados en las provincias Daniel Campos, Nor Lípez del departamento de Potosí (Altiplano Sur), (Anexo N° 3).

Los cuatro municipios de estudio, se eligieron por ser reconocidos como productores importantes del cultivo de quinua y pertenecientes a la Cadena productiva de la quinua a nivel nacional, presentado por el Ministerio de Asuntos Campesinos (MACA), el Sistema Boliviano de Productividad y Competitividad (SBPC) y el Ministerio de Desarrollo Económico (MDE) 2002 – 2004.

3.1 Ubicación Geográfica

El Altiplano es una planicie de altura, con 120 a 160 km de ancho y más de 1100 km de largo, ubicado entre dos cordilleras que siguen la costa Oeste de Sud América (Montes de Oca, 2005).

Geográficamente la Macrocoregión Altiplano, se halla ubicada entre 14 y 23 ° latitud sur y 65 y 70 ° longitud oeste.

Las altitudes correspondientes a los Altiplano Central y Sur, son las siguientes que se muestran en el Cuadro 2:

Cuadro 2. Altitud en el Altiplano Boliviano

| Zona | Altitud (m.s.n.m) |
|-------------------|-------------------|
| Altiplano Central | 3700 – 4000 |
| Altiplano Sur | 3600 – 4000 |

Fuente: Elaboración propia en base a PDM (2003 – 2007)

Geográficamente, el Altiplano Central corresponde a las provincias de: Pacajes, Aroma, y Villarroel en el departamento de La Paz; Abaroa, Sebastián Pagador, Poopó, Dalence, Sajama, Saucari, Cercado, Carangas, Litoral y Atahuallpa en el departamento de Oruro; el Altiplano Sur comprende las provincias de: Ladislao Cabrera y Abaroa, en el departamento de Oruro, las provincias de Quijarro, Daniel Campos, Nor Lípez y Enrique Baldiviezo en Potosí.

En el cuadro 3 se muestra, los distintos puntos del área de investigación con sus respectivas coordenadas geográficas:

Cuadro 3. Coordenadas geográficas de los Municipios del área de investigación

| Municipio | Latitud (LS) | Longitud (LW) | Altitud (m.s.n.m) |
|--------------------------|--------------|---------------|-------------------|
| Sica Sica | 17° 07' | 67° 52' | 3920 |
| Salinas de Garci Mendoza | 19° 38' | 67° 40' | 3630 |
| Llica | 19° 50' | 68° 18' | 3750 |
| Colcha K | 19° 41' | 66° 20' | 3850 |

Fuente: Elaboración propia en base a PDM de los diferentes municipios (1999, 2007).

3.2 Características ecológicas

3.2.1 Clima en el área de estudio

El Altiplano Central presenta un clima templado frío, en cambio en el Altiplano Sur el clima es árido y semiárido fríos, con 140 a 220 y 180 a 230 días de heladas respectivamente.

A continuación en el Cuadro 4, se puede observar, que la temperatura media anual presenta un comportamiento similar, en todos los municipios, las temperaturas

mínimas registran valores bajo cero en los municipios de Salinas de Garci Mendoza, Llica y Colcha K con -1.1, -2.8 y -1.5 °C respectivamente.

Cuadro 4. Temperatura y precipitación de los cuatro municipios de estudio

| Municipio | Temperatura media (°C) | Temperatura máxima (°C) | Temperatura mínima (°C) | Precipitación promedio anual (mm) |
|--------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Sica Sica | 8.7 | - | - | 394 |
| Salinas de Garci Mendoza | 8.3 | 16.9 | -1.1 | 257 |
| Llica | 8.3 | 17.7 | -2.8 | 190 |
| Colcha K | 8.3 | 18.0 | -1.5 | 187 |

Fuente: Elaboración propia en base a PDM de los diferentes municipios (1999, 2007).

La precipitación en el área de estudio se caracteriza por su pronunciada escasez, su acentuada diferenciación estacional y por una gran variación espacial y temporal. El período lluvioso es de noviembre a marzo, y el seco de mayo a agosto, considerándose los meses restantes como de transición entre ambos.

3.2.2 Suelos

El Altiplano Central, presenta suelos de formación aluvial y sedimentario, la textura franco arenosa, franco limosa y arcillosa, estos suelos son generalmente pedregosos. Los suelos en el Altiplano Sur, en su mayoría son predominantemente arenosos en algunos casos sobresaliendo con más del 85 % de la fracción textural, también existen suelos con contenido de limo, por tanto mayor capacidad de campo.

3.2.3 Vegetación de la zona

En el Altiplano Central la vegetación que predomina, está compuesta por gramíneas perennes (ver Cuadro 5), sobre todo las que forman manojos alternadas con arbustos muy dispersos. En sectores formando mantos casi puros, se encuentran los tholares arbustos de 50 a 100 cm de altura, cubriendo extensas áreas en la estepa., estas plantas consideradas como indicadores para la producción de quinua, es decir en donde estas plantas se encuentran también se puede sembrar quinua.

Cuadro 5. Vegetación Altiplano central

| Nombre Común | Nombre científico | Familia |
|--------------|------------------------------------|----------------|
| Thola | <i>Baccharis incarum</i> | Asteraceaa |
| Thola | <i>Baccharis heterothalamoides</i> | Asteraceaa |
| Sacha Thola | <i>Baccharis microphilla</i> | Asteraceaa |
| Thola | <i>Lepidophyllum quadrangulare</i> | Asteraceaa |
| Suppu | <i>Heterothalamus boliviensis</i> | Asteraceaa |
| Chichircoma | <i>Mutisia ledifolia</i> | Asteraceaa |
| Chinchircoma | <i>Mutisia orbingiana</i> | Asteraceaa |
| Chilca | <i>Senecio pampae</i> | Asteraceaa |
| Muña | <i>Satureja parvifolia</i> | Lamiaceae |
| Añahuaya | <i>Adesmia spinosisima</i> | Fabaceae |
| Motochi | <i>Cassia latipetiolata</i> | Caesalpinaceae |
| Garbancillo | <i>Astragalus grabnacillo</i> | Fabaceae |
| Kela Kela | <i>Lapinus paniculados</i> | Fabaceae |
| Ichu | <i>Stipa ichu</i> | Poaceae |
| Chillihua | <i>Festuca dolichophylla</i> | Poaceae |
| Sanu Sanu | <i>Efedra americana</i> | Gnetaceae |
| Cebadilla | <i>Bromas uniloides</i> | Poaceae |

Fuente: Cayo, 2006

En la zona intersalar de Uyuni y Coipasa la vegetación tiene un marcado xerofitismo. Los pastos tienen la característica de ser muy fibrosos y por consiguiente una limitada capacidad de alimentación para cualquier clase de ganado aún para auquénidos que son los más adaptados.

Correspondiendo al Altiplano Sur, para la zona de Salinas de Garci Mendoza y el Sudoeste potosino podemos mencionar las siguientes especies vegetales, en el Cuadro 6:

Cuadro 6. Vegetación Altiplano Sur

| Nombre Común | Nombre científico | Familia |
|--------------|------------------------------------|----------------|
| Paja brava | <i>Festuca Ortophilla</i> | Poaceae |
| Sacha Thola | <i>Baccharis microphilla</i> | Asteraceaa |
| Thola | <i>Lepidophyllum quadrangulare</i> | Asteraceaa |
| Añahuaya | <i>Adesmia spinosisima</i> | Fabaceae |
| Pichana | <i>Faviana densa</i> | Solanaceae |
| Lampaya | <i>Junelia arethioides</i> | Verbenaceae |
| Ichu | <i>Stipa ichu</i> | Poaceae |
| Ullupuyuyo | <i>Atriplex cristata</i> | Chenopodiaceae |
| Cauchi | <i>Suaeda foliosa</i> | Chenopodiaceae |
| Koa Thola | <i>Pseudobaccharis boliviensis</i> | Asteraceae |

Fuente: Cayo, 2006

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

Los materiales que se utilizaron en el presente trabajo de investigación se describen a continuación.

4.1.1 Material de Campo

- Cuaderno de apuntes.
- Cámara fotográfica digital
- GPS (Sistema Global de Posicionamiento)

4.1.2 Material de Gabinete

Para el análisis de los resultados obtenidos se utilizó un ordenador y software Microsoft Excel, ArcGis 9.1, Arc View 3.2 y ERDAS 8.4.

También se utilizaron los siguientes materiales:

- Material de escritorio
- Material cartográfico digital de Bolivia y de los Municipios estudiados, (división política, fisiográfico)
- Imágenes satelitales de la región de la región altiplánica de nuestro país, Landsat 6 ETM del año 2001.
- Material cartográfico y topográfico digital del Altiplano boliviano, en formato MicroStation (ríos, vertientes y cuerpos de agua),
- Material cartográfico y topográfico digital del Altiplano boliviano, en formato MicroStation (ríos, vertientes y cuerpos de agua),
- Material cartográfico digital de fisiografía de la Cuenca del Altiplano boliviano, realizado por el ZONISIG.

4.2 Metodología

La presente investigación se inició en octubre del año 2006, con la recopilación de información secundaria, previa a la recolección de la información primaria en campo, la cual consistió en la verificación de las zonas productoras de quinua, posteriormente se procedió al ordenamiento y procesamiento de la información recolectada. A continuación la Figura 1 nos muestra un esquema de la metodología realizada.

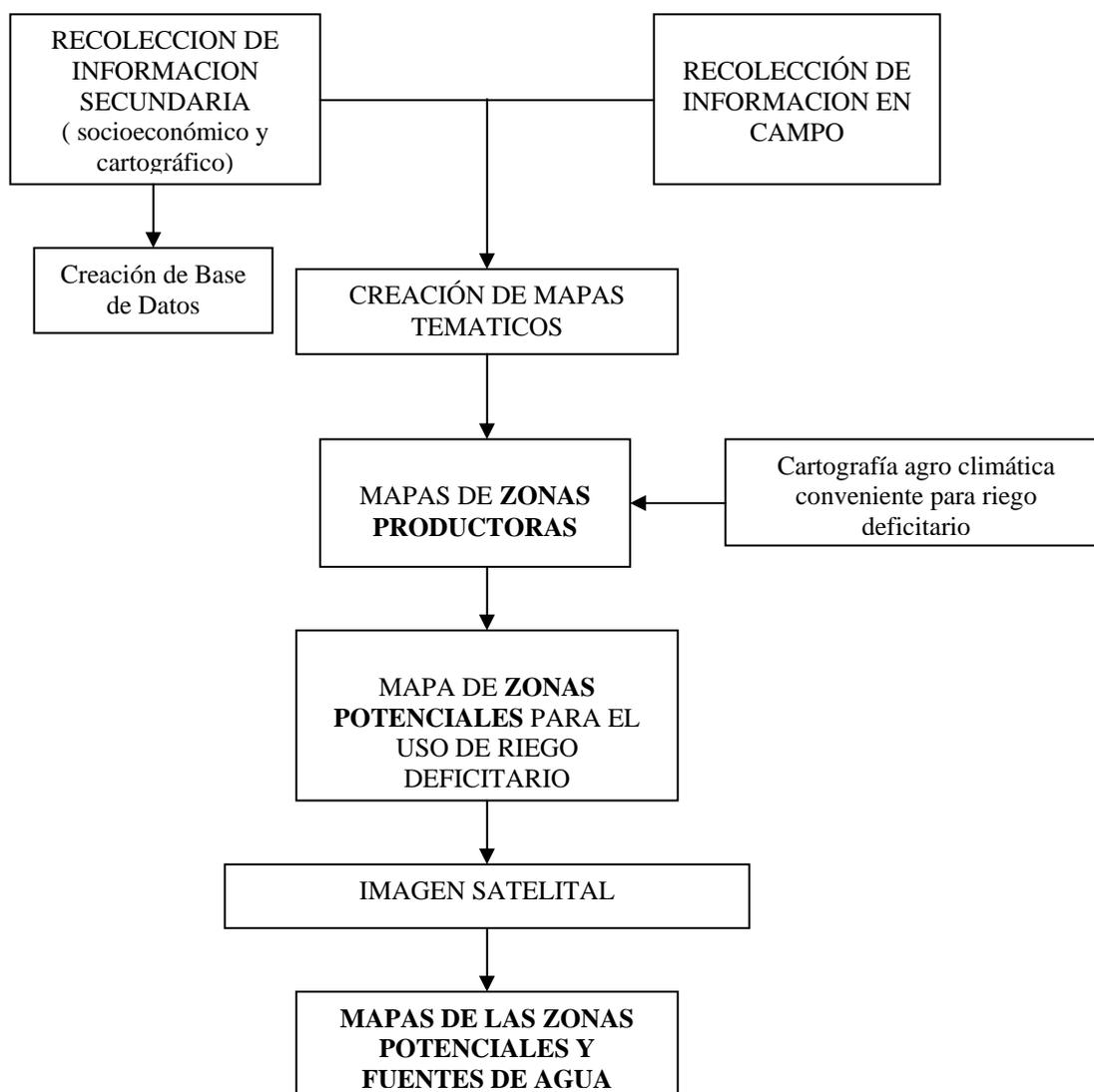


Figura 1. Esquema metodológico del trabajo de investigación

4.2.1 Distribución espacial de las zonas productoras

Para alcanzar el objetivo de distribución espacial de las zonas productoras de quinua se siguieron tres fases, cuya explicación se presenta a continuación.

4.2.1.1 Fase 1. Recopilación de información secundaria

Inicialmente se estudiaron los Planes de Desarrollo Municipal elaborados por los municipios en estudio, se analizó y valoró la información reportada en ellos en relación al área destinada de cada municipio a la producción de quinua, así mismo datos de rendimientos, volumen de producción y variedades del cultivo de quinua.

De igual forma se levantó información de fuentes adicionales, es así, que se indagó sobre instituciones gubernamentales y privadas que trabajaban con quinua, y se realizó la elección de aquellas que habían realizado investigaciones similares, en las zonas correspondientes al trabajo investigación.

Se recurrió a instituciones como ser: ANAPQUI (Asociación Nacional de Productores de Quinua), CECAOT (Central de Cooperativas Agropecuarias “Operación Tierra”), Centro INTI, CEPROBOL (Centro de Promoción Bolivia), Consorcio Lípez, Fundación AUTAPO, FDTA (Fundación para el Desarrollo Tecnológico del Altiplano), PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos), SEDAG (Servicio Departamental Agropecuario) de La Paz, Oruro y Potosí. Se realizaron visitas personales a las mencionadas fuentes, dando a conocer el trabajo de investigación a realizar y solicitar datos estadísticos respecto a la producción de quinua y demás investigaciones con relación al tema.

Vale mencionar, que no todas las entidades visitadas, cooperaron con el trabajo de investigación, algunas de ellas rehusaron a brindar la información que disponían, debido a una desconfianza y recelo de parte de ellas.

4.2.1.2 Fase 2. Trabajo de georeferenciación realizada en campo

Se realizaron salidas a campo, en las cuales se verificó la información obtenida anteriormente, sobre zonas de producción de quinua y en estos recorridos se revalidaron zonas con superficies cultivadas de quinua y rendimientos del cultivo.

Se recorrieron, lugares estratégicos de producción de quinua, en los municipios de estudio, aquellos adyacentes a las principales carreteras, esto debido a que el área de estudio es bastante amplia, y representaba una gran inversión económica.

Durante el trayecto en campo, se efectuó, la georeferenciación de los cultivos de quinua in situ, actualmente existentes, con la ayuda del GPS (Sistema Global de Posicionamiento), obteniéndose las coordenadas geográficas y altitudes de estos lugares. Al mismo tiempo, se obtuvo coordenadas geográficas de la ubicación de algunas fuentes de agua, en las zonas de estudio.

Por otra parte en el trabajo de campo y durante el recorrido a las instituciones, se obtuvo información a través de diálogos informales con agricultores y técnicos de las instituciones visitadas, como otra fuente para fortalecer la información requerida.

4.2.1.3 Fase 3. Ordenamiento y procesamiento de la información recopilada

Se realizó el ordenamiento y tabulación de los datos extraídos de los Planes de Desarrollo Municipal, sobre la producción de quinua (superficie cultivada, rendimiento promedio, volumen de producción pertenecientes a una gestión agrícola 2005 -2006 y variedades) y de los datos estadísticos obtenidos de las diferentes instituciones adicionando los datos de trabajo de campo de la georeferenciación realizada por las zonas con cultivo de quinua, con el paquete informático Excel. Posteriormente ésta información ya ordenada se la llevó al software Arc Gis, para su respectivo análisis.

Con los datos, de superficie cultivada, rendimiento promedio, volumen de producción y variedades, se realizaron mapas temáticos de cada municipio, los cuales categorizan por orden numérico los valores de las variables mencionadas, identificando de manera espacial zonas con mayor y menor producción de quinua.

Con la base de datos conseguida, para cada municipio e introducida al software ArcGis 9.1, se realizó una evaluación numérica, ordenando todos los valores de forma ascendente, seguidamente para cada variable (superficie cultivada, rendimiento promedio y volumen de producción) se hizo una clasificación por colores con el método Natural Breaks (Jenks), que representa las cantidades usando colores oscuros hasta llegar a colores claros es decir las cantidades más elevadas representan a los primeros y los valores mínimos que representan los segundos, en nuestro caso con seis clases y sus respectivas etiquetas cuyos valores se uniformizaron para los cuatro municipios, de acuerdo a importancia numérica y criterio propio, para realizar un mejor interpretación y análisis de los resultados.

Estos mapas temáticos, muestran la división política del municipio a nivel cantonal, para hacer una evaluación mas precisa.

En cada una de las variables, en base a todos los datos obtenidos, se distribuyeron los mismos, en rangos numéricos, en unidades de hectáreas, kilogramos por hectárea y toneladas métricas.

Adicionalmente se realizó la identificación de unidades de terreno, utilizados para cultivar quinua, en los cuatro municipios, para lo cual se ha tomado como base los trabajos realizados de Zonificación Agroecológica y Socioeconómica ZAE por ZONISIG (1998) en la Cuenca del Altiplano, que consta de material disponible en formato digital de todo este estudio.

En la zonificación realizada por ZONISIG, las unidades de terreno están agrupadas en provincia fisiográfica y descritas a nivel de Gran Paisaje y Paisaje. Para una mejor comprensión y mayor precisión se trabajó con la descripción a nivel de paisaje.

Primeramente se identificó las unidades de terreno de cada municipio, se sobrepusieron a estas la zona identificada como quinuera (también parte del estudio de ZONISIG), los puntos de georeferenciación de cultivos de quinua actuales,

realizado en campo y el rango de altitud que el cultivo necesita, para nuestro caso como máximo los 4200 msnm.

Después de ésta relación, se diferencié aquellas unidades de terreno que utilizaban para cultivar quinua y las que actualmente se utilizan los productores de quinua.

4.2.1.4 Evaluación del potencial de expansión del cultivo de la quinua

En base a las zonas identificadas y bajo un análisis de potencial climático se procedió a identificar el potencial de expansión de los cultivos de quinua.

Esta evaluación, se ha basado en la comparación directa de los rangos de las variables superficie cultivada, rendimiento y volumen de producción dentro de los cuatro municipios, para luego hacer una selección de los cantones más sobresalientes dentro de cada uno de los municipios.

Con las zonas seleccionadas, se procedió a realizar una sobre posición y posterior intersección de los mapas , en base a los trabajos de Geerts *et. al.*, (2006), sobre Cartografía agro climática de la producción de quinua en el Altiplano boliviano.

Esta cartografía digital disponible, delimita zonas agro - climáticamente recomendadas para el cultivo de quinua, con riego deficitario, la cual toma en cuenta para su análisis, la precipitación pluvial diaria, temperatura máximas y mínimas diarias y temperaturas máximas y mínimas absolutas, de 41 estaciones meteorológicas de los tres departamentos del Altiplano boliviano.

La delimitación de las zonas de intersección de ambos trabajos se realizó, con la utilización de ArcToolbox, dentro del cual está el Analisis Tools, finalmente eligiendo para nuestro caso la opción Overlay (capa superpuesta), herramientas que posee el software ArcGis 9.1.

4.2.1.5 Evaluación de la factibilidad de implementación de sistemas de riego deficitario para las zonas cultivadas y con posible cultivo de quinua

Para realizar este trabajo se realizó un reconocimiento de principales fuentes de agua superficial del altiplano, utilizando información cartográfica de hidrología en formato digital (MicroStation) y al mismo tiempo de la información presentada en los Planes de Desarrollo Municipal de los cuatro municipios, siendo categorizados por las características importantes de cada uno.

Inicialmente, como base principal se utilizaron las Imágenes Satelitales de la zona en estudio, sobre plataforma S.I.G. (Sistemas de Información Geográfica), se realizó un realce y mejoramiento de las imágenes con el software ERDAS 8.4.

Seguidamente, se ejecutó la digitalización de las fuentes de agua y se realizó la sobreposición de la cartografía de hidrología digital (previamente del formato MicroStation se llevó al software ArcView 3.2 para que se pueda reconocer los datos correctamente y no tener problemas posteriores), para poder hacer las correcciones necesarias y la identificación de las mismas.

De una base de datos extensa, que presentan los Planes de Desarrollo Municipal, sobre recursos hídricos de los municipios de Sica Sica, Llica y Colcha K, se identificaron fuentes de agua (ríos y quebradas y pequeñas lagunas).

Estas fuentes de agua se seleccionaron de acuerdo al nivel de importancia como ser calidad de agua (potable ó riego), caudal, disponibilidad (temporal ó permanente) y en algunos casos distancia de la fuente de agua hasta la comunidad; toda esta información para ver la posibilidad de implementación de riego deficitario para el cultivo de quinua.

Finalmente se correlacionó la ubicación de los recursos hídricos existentes en cada municipio, con las zonas de producción y las zonas potenciales de producción de quinua identificadas.

4.2.2 Elaboración de mapas finales de la zonificación de cultivos de quinua en el Altiplano Boliviano

En su totalidad, los mapas, fueron realizados en plataforma S.I.G. y fue en el software ArcGis 9.1. Con toda esta información, se procedió a construir mapas actuales y potenciales de producción del cultivo de quinua con detalles sobre la factibilidad de uso de agua, como riego deficitario para el cultivo y zonas fisiográficas recomendables para su cultivo.

5 RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se despliegan los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se exponen proporcionalmente de acuerdo a los objetivos propuestos.

5.1 Determinación de la distribución espacial de las zonas productoras de quinua en cuatro municipios del Altiplano Central y Sur

5.1.1 Superficie cultivada de quinua

El cuadro 7, muestra los resultados encontrados sobre superficie cultivada en los cuatro municipios de estudio, para el período agrícola 2005 – 2006, se advierte que en el municipio de Sica Sica no se tiene valor, debido a que no se logró encontrar una base de datos que cuantifique la superficie cultivada de quinua, por la poca importancia que tiene en el rubro agrícola, dentro de este municipio.

Cuadro 7. Superficie cultivada de quinua en los municipios en estudio (2005 – 2006)

| Nº | Región | Municipio | Superficie agrícola (ha) | Superficie cultivada con quinua (ha) | % |
|----|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------|
| 1 | Altiplano Central | Sica Sica | 20888 | - | - |
| 2 | Altiplano Sur | Salinas de Garci Mendoza | 20000 | 13120 | 65,60 |
| 3 | Altiplano Sur | Llica | 126578 | 6031 | 4,76 |
| 4 | Altiplano Sur | Colcha K | 71788 | 3423 | 4,77 |

Fuente: Elaboración propia, en base a los Planes de Desarrollo Municipal de cada municipio y al Servicio departamental Agropecuario del departamento de Oruro, 2006

La figura 2, muestra de manera objetiva la superficie cultivada de quinua en los municipios de estudio, donde el municipio de Salinas de Garci Mendoza tiene el mayor valor con 13120 hectáreas de un total de superficie agrícola de 20000 hectáreas, comparándolo con el municipio de Llica que en el mismo período tiene 6031 y Colcha K cultivó 3423 hectáreas, de un total de superficie agrícola de 126578 y 71788 hectáreas respectivamente; se puede decir que el municipio de Llica representa sólo un 46 % de la superficie que cultivó el municipio de Salinas de Garci Mendoza y Colcha K sólo representa un 23 %.

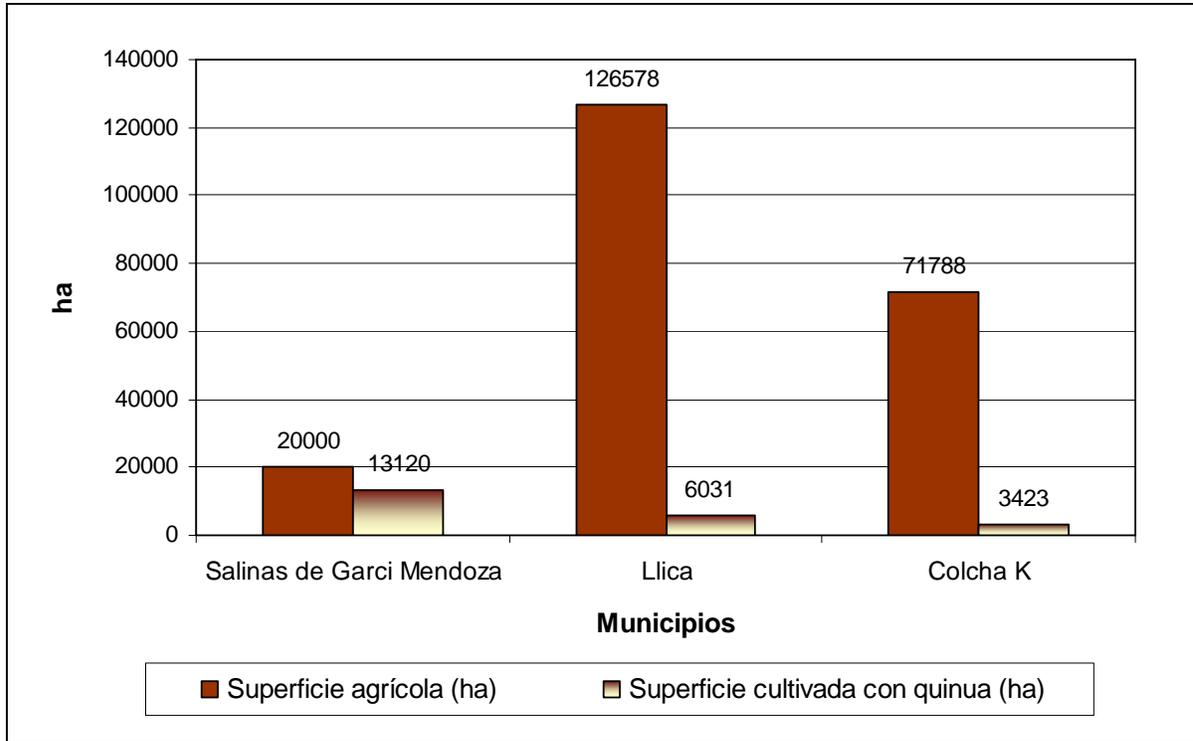


Figura 2. Superficie cultivada de quinua en los municipios en estudio (2005 – 2006)

Existe una gran diferencia entre la superficie que destinaron al cultivo de quinua los municipios, también la importancia que significa el cultivo de quinua para los municipios, representando el 65 % en Salinas de Garci Mendoza y aproximadamente un 5 % en Llica y Colcha K.

Se ha evidenciado en el trabajo de campo que se cultiva quinua en cada uno de ellos, pero en diferentes magnitudes, de acuerdo al nivel de importancia que se le da al cultivo, en la región.

- **Tamaño y uso de la tierra**

Una de las razones para que existan estas diferencias, puede ser el tamaño y el uso de la tierra en cada uno de los municipios. El municipio de Sica Sica, del total de su extensión, cuenta con unos 12,06 % de sus terrenos destinados a la agricultura, el 68,23 % son tierras de pastoreo y 19,71 % restante son tierras no utilizables en la

agricultura, correspondiendo a montañas y sectores mineralógicos además de los espacios "físico transformados" (Gobierno Municipal de Sica Sica, 1999-2003).

El uso y la distribución de la tierra, permite suponer entonces que la principal actividad del Municipio de Sica Sica es la ganadería semi intensiva de bovinos y ovinos y además resaltar que el principal cultivo para el municipio de Sica Sica es la papa, quedando así el cultivo de la quinua en el conjunto de "otros" cultivos, cuyo resultado es la no cuantificación de la superficie destinada a la quinua por su baja importancia económica.

En cambio para el Municipio de Salinas de Garci Mendoza, la principal vocación productiva es el cultivo de la quinua. Este rubro proviene del cultivo de grandes extensiones de tierra, el cultivo se ha adaptado a las difíciles condiciones de la zona abriendo las posibilidades de utilizar 15000 hectáreas de tierra cultivables. El 90 % del terreno es fértil y productivo y solo depende de la preparación oportuna, la remoción de la tierra y se cultiva año por medio dando lugar a que el terreno descansa.

Para Salinas de Garci Mendoza la relación de superficie cultivable y la cultivada es de 50 % y 40 %, es decir se cultivan de 4 a 5 de 8 y 10 hectáreas respectivamente. Siendo la explotación agrícola promedio de 2 tareas por familia, una tarea equivale 0.64 hectáreas, por lo tanto 1.28 hectáreas por familia, de esta extensión 80 % lo destinan para quinua y un 20 % para papa (Gobierno Municipal de Salinas de Garci Mendoza, 1997 – 2000). Uno de los factores para que la mayor parte de la extensión de hectáreas cultivables sea destinado a la quinua, es que las condiciones climáticas no permiten el desarrollo de otra especie, un segundo factor importante es el mercado demandante, que limita el uso de el suelo para cultivos similares al de la quinua como por ejemplo la cañahua, especie que no es muy conocida y no tiene mercado.

De la misma manera para el municipio de Llica la actividad primordial es la agricultura a pesar de la poca fertilidad de sus tierras (suelos arenosos, con bajos contenidos de materia orgánica), la falta de agua para riego y las constantes sequías. Llica tiene una superficie de 5600 km² de los cuales el 92 % son suelos cultivables distribuidos en toda la sección municipal, y el 8 % son salares, suelo no apto para el cultivo (Gobierno Municipal de Llica, 2007).

El municipio de Colcha K, se constituye en un productor muy importante de quinua y destina superficies menores para papa y variedad de hortalizas en huertos familiares. Por las características de extensión y diversidad de pisos ecológicos que presenta, se encuentra comunidades en las que no se produce nada y otras en las que se produce en proporciones muy pequeñas; de esta manera, se tienen zonas en las que se practica el riego y otras que son totalmente a secano, donde la producción que se obtiene de cada uno de los cultivos se destina para el autoconsumo, sin embargo la producción de quinua reporta excedentes para la .comercialización.

La superficie útil para pastoreo y uso agrícola en al actualidad es de 7623, 41 km², lo que representa 762341 ha. La superficie restante, o sea 8893,59 km² esta entre la superficie con praderas nativas, cerros empinados, ríos, área ocupada por viviendas, tierras erosionadas y parte del Salar de Uyuni que le corresponde al municipio (Gobierno Municipal de Colcha K, 2007).

- **Sistemas de cultivo**

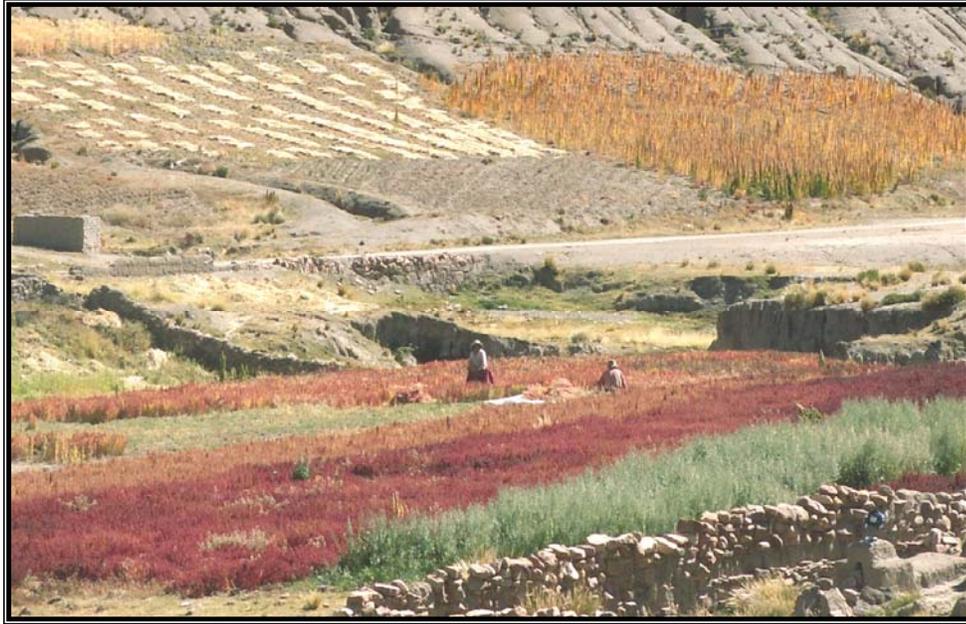
Los sistemas de cultivo utilizados en la producción agrícola en el municipio de Sica Sica, pueden ser divididos en dos: sistema tradicional y semi mecanizado. El primero se basa en el uso de herramientas de tradición familiar (arado de palo, *lihukana* o *ricato*, *chontilla*), y conocimientos ancestrales, mientras que el segundo en el empleo de maquinaria agrícola moderna en algunas labores (especialmente el arado y rastreado), este sistema es utilizado en cultivos en planicie.

La tecnología que utilizan es tradicional para el cultivo de la quinua. En la preparación de los suelos y en la siembra se utiliza maquinaria agrícola, ya que la mayoría de los terrenos están en la planicie, lejos de sus comunidades y se encuentran a tan grandes distancias que no se puede llevar la yunta, para trabajar.

Muy diferente es la situación del municipio de Salinas de Garci Mendoza, basándose en tecnología tradicional de subsistencia en las laderas (pie de monte) y en la planicie por el contrario se emplea el sistema semi mecanizado con el uso del tractor.

Similares condiciones presenta Llica que utiliza el sistema mecanizado generalmente en la planicie, lo que ha permitido, con la utilización de tractores agrícolas ampliar la superficie agrícola cultivada, en diferentes cantones como San Pablo de Napa, Canquella, Cahuana, Chacoma y Llica. También se utiliza el sistema manual, utilizado en mayor amplitud en los cantones Cahuana, Pilani y el sector Huanaque donde la preparación del suelo, se realiza en los primeros meses del año con la finalidad de mantener la humedad de las precipitaciones propias de esos meses utilizando como instrumentos la *Taquiza* y *Likuana*, principalmente en lugares con mayor pendiente y en menor proporción en las pampas.

A continuación en la Fotografía 1, se distinguen cultivos de quinua dispuestos en la planicie en gran extensión y en menor dimensión parcelas localizadas en pie de monte y de diferentes variedades.



Fotografía 1. Parcelas de quinua en planicie y pie de monte en el municipio de Llica

En el municipio de Colcha K el sistema de cultivo, es tradicional, es decir sin el empleo de maquinaria agrícola. Existiendo excepciones en zonas potenciales de producción de quinua, donde la producción es semi mecanizada y mecanizada utilizando maquinaria para la preparación de suelos, siembra, cosecha y trilla.

Para tener una idea más clara y específica de la situación de la superficie cultivada de quinua en los municipios en estudio, a continuación se detallan cada uno individualmente.

En el caso del municipio de Sica Sica, encontrar información, de datos sobre superficie cultivada, rendimiento promedio y volumen de producción, es dificultoso, debido a que la información proporcionada por el Plan de Desarrollo del Municipio, no refleja información detallada y específica, ya que la producción de quinua en el municipio, está rezagada a un segundo plano.

Pero si se existen comunidades quinueras en el municipio de Sica Sica, que reflejan de manera mínima la situación de producción de este cultivo en este municipio.

A continuación se muestran datos de algunas comunidades del municipio de Sica Sica, respecto a familias productoras y rendimientos promedio.

Las comunidades que observamos en el cuadro 8, son las más sobresalientes en la producción de quinua.

Cuadro 8. Comunidades productoras de quinua en el municipio de Sica Sica

| Cantones | Comunidades | Nº Familias | Total familias productoras |
|-------------------|-------------|-------------|----------------------------|
| SICA SICA | Capunuta | 45 | 12 |
| | Maca | 42 | 23 |
| AYAMAYA | Ayamaya | 101 | 72 |
| LAHUACHACA | Cala Cala | 33 | 27 |
| | Surcavito | 64 | 37 |
| VILA ESTEBAN ARCE | Antipampa | 58 | 25 |
| TOTAL | | 343 | 196 |

Fuente: Elaboración propia en base a Aliaga (2007).

La comunidad de Ayamaya, tiene más familias productoras de quinua con 72 de un total de 196 familias.



Fotografía 2. Cultivo de quinua en la comunidad de Ayamaya



Fotografía 3. Cosecha de quinua en la comunidad de Surcavito

Seguidamente se encuentra la comunidad de Surcavito, con 37 familias productoras, Cala Cala con 27 familias productoras, ambas comunidades pertenecientes al cantón Lahuachaca.

Según FDTA (2002b), en el cantón Llanga Belén se tienen unas 3000 ha, de las cuales 2000 son destinadas a pasturas, ya que hay una fuerte vocación ganadera (bovinos de leche), y para quinua destinan alrededor de 150 hectáreas, en Colluma se tienen unas 50 ha destinadas a la quinua, entre 1 a 2 hectáreas por familia, existiendo un potencial de 8000 hectáreas que pueden ser destinadas al cultivo de quinua. En Lahuachaca se tienen unas 500 ha destinadas al rubro agrícola, de las cuales 30 son de quinua, el resto está destinada para otros cultivos, en Maca Sica Sica se tienen unas 500 ha con cultivos, de donde 20 corresponden a quinua, con un promedio de 1 a 2 hectáreas por familia.

Si bien los agricultores, de esta zona cuentan con grandes extensiones de tierra, la cantidad que destinan para la agricultura, es insignificante, de 50 a 60 hectáreas que dicen poseer cada familia, sólo 2 a 3 hectáreas utilizan para producir papa ó quinua, ya que de esa extensión de tierra, un el mayor porcentaje es serranía destinado al pastoreo del ganado.

Evidentemente la importancia económica brindada al cultivo de quinua, en el municipio de Sica Sica, reflejada en la superficie cultivada, representa aproximadamente 5 % de la superficie destinada a producción agrícola.

Uno de los factores adversos que limitan las condiciones productivas de quinua en el municipio de Sica Sica, es la falta de precipitaciones en el momento de la siembra ocasionando alteraciones en el desarrollo del cultivo, otro factor es la erosión de los suelos causando la reducción de terrenos cultivables. Del mismo modo el desconocer el manejo y técnica de fertilización de suelos que mejoren sus propiedades coadyuvan en el bajo rendimiento, los agricultores solo fertilizan el terreno para la sembrar la papa y no así para la quinua (Aliaga, 2007). No se

dispone de semilla certificada de quinua, no existe centros de distribución y venta.

Ahora se describe al municipio de Salinas de Garci Mendoza; está dividido en ocho cantones, de los cuales el 100 % de ellos, producen quinua. En el Cuadro 10 se logra observar, datos de superficie cultivada para el cantón Aroma y Ucumasi que tienen 2560 hectáreas cada uno, destinadas al cultivo de la quinua, representando ambos un 39 % de un total de 13120 hectáreas.

Salinas de Garci Mendoza, Jirira y Villa Esperanza son los cantones que presentan un valor compartido de 5760 hectáreas es por eso que se dividió de manera equitativa este valor entre los tres cantones. Representan aproximadamente un 44 % del total de la superficie cultivada con quinua en este municipio.

Los cantones mencionados, sobresalen con respecto a la superficie cultivada destinada a la quinua, ya que los demás cantones tienen áreas menores a las 1000 hectáreas (cuadro 9).

Jirira, Villa Esperanza, Salinas de Garci Mendoza, se encuentran ubicados geográficamente a orillas de Salar de Uyuni, al sur del municipio y los cantones de Ucumasi y Aroma se encuentran en la parte noreste del municipio.

Cuadro 9. Superficie cultivada de quinua en el Municipio de Salinas de Garci Mendoza

| Nº | Cantón | Superficie cultivada (ha) |
|--------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | Salinas de Garci Mendoza | 1920 |
| 2 | Jirira | 1920 |
| 3 | Villa Esperanza | 1920 |
| 4 | Aroma | 2560 |
| 5 | San Martín | 960 |
| 6 | Ucumasi | 2560 |
| 7 | Challadota | 640 |
| 8 | Concepción de Belén | 640 |
| TOTAL | | 13120 |

Fuente: Elaboración propia en base a SEDAG del departamento de Oruro (2006).

En la figura 3, se puede observar la tendencia que existe dentro del municipio de Salinas de Garci Mendoza con respecto a la superficie cultivada para la quinua.

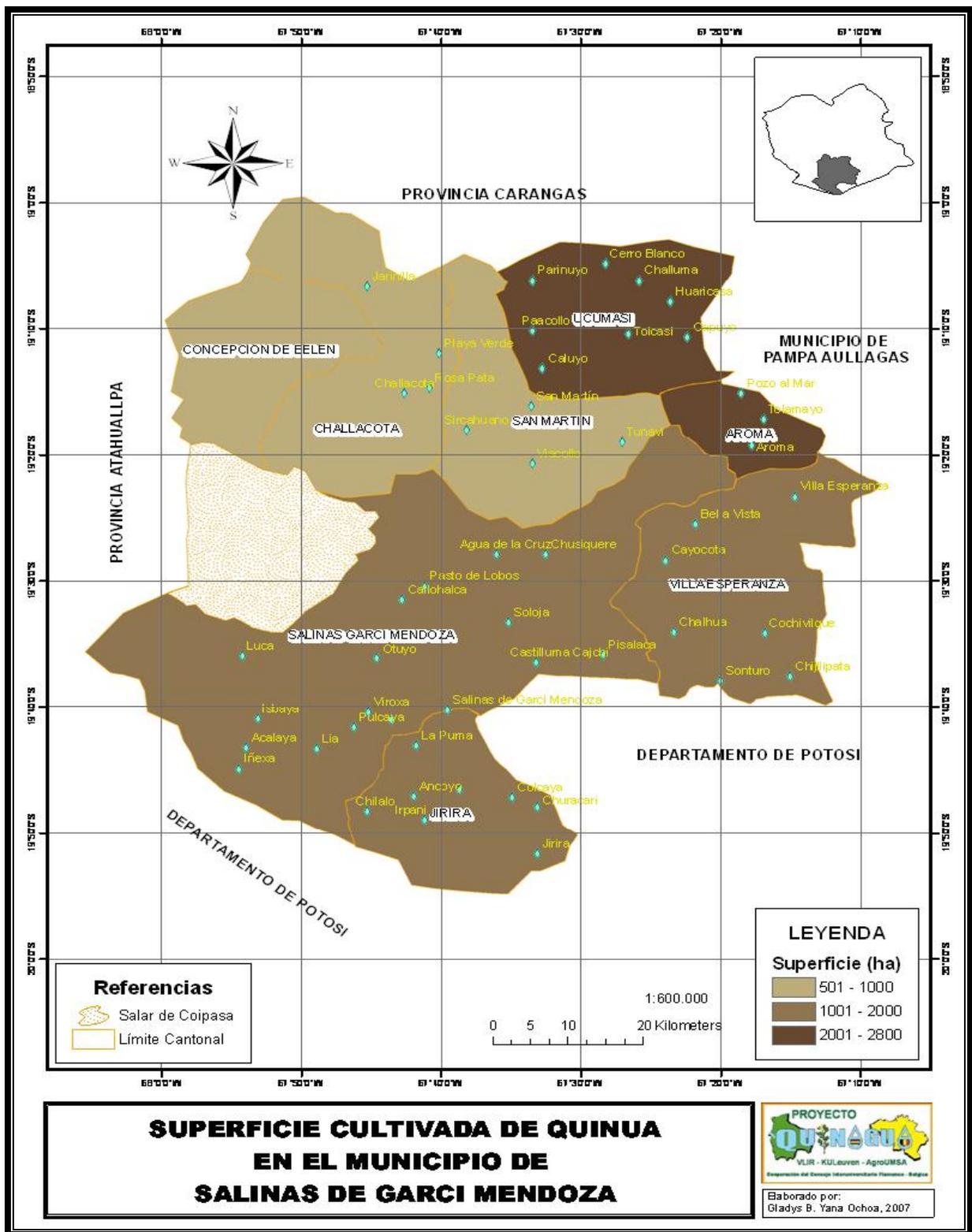


Figura 3. Superficie cultivada de quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza por cantones

Coincidiendo con estos resultados, Pacheco (2004), menciona que la quinua en los alrededores de los Salares de Coipasa y Uyuni, donde se ubica la Provincia Ladislao Cabrera, ha tenido en los últimos 20 años un importante desarrollo y difusión, que con la apertura de caminos comunales y troncales en la década de los años 70 y 80, el tractor es introducido en la zona por campesinos de Salinas de Garci Mendoza, este es el período en el que la frontera agrícola se incrementa, especialmente en las planicies y zonas de pie de monte, las laderas con pendientes inclinadas son paulatinamente abandonadas por las dificultades topográficas que no permiten el acceso de los tractores a los campos de cultivo en las laderas de las montañas.

Grandes extensiones de tierras que años atrás eran comunales, se convierten en parcelas privadas para la producción de quinua. Esta afirmación ajusta con los resultados obtenidos, de que las zonas de mayor producción se encuentran en su gran mayoría a alrededores del Salar de Uyuni y Coipasa.

El municipio de Llica, está dividido en ocho cantones, el 100 % de ellos son productores de quinua; de un total de 1228 familias en todo el municipio, el 60 % se dedican a este cultivo y el restante 40 % que corresponde a 485 familias, posiblemente se dedican a la ganadería u otros rubros.

Analizando registros de familias dedicadas a cultivar quinua, se puede observar en la figura 4, que en el cantón Chacoma el 100 % de las familias producen quinua, convirtiéndose en la actividad primordial para la economía de estas familias.

La superficie cultivada por familia en el municipio de Llica, es 8 hectáreas como promedio, teniendo como valor máximo en San Pablo de Napa un promedio de 15 hectáreas por familia, seguido del cantón Chacoma con 14 hectáreas por familia y el mínimo valor registrado en Llica con 4.5 hectáreas por familia como promedio.

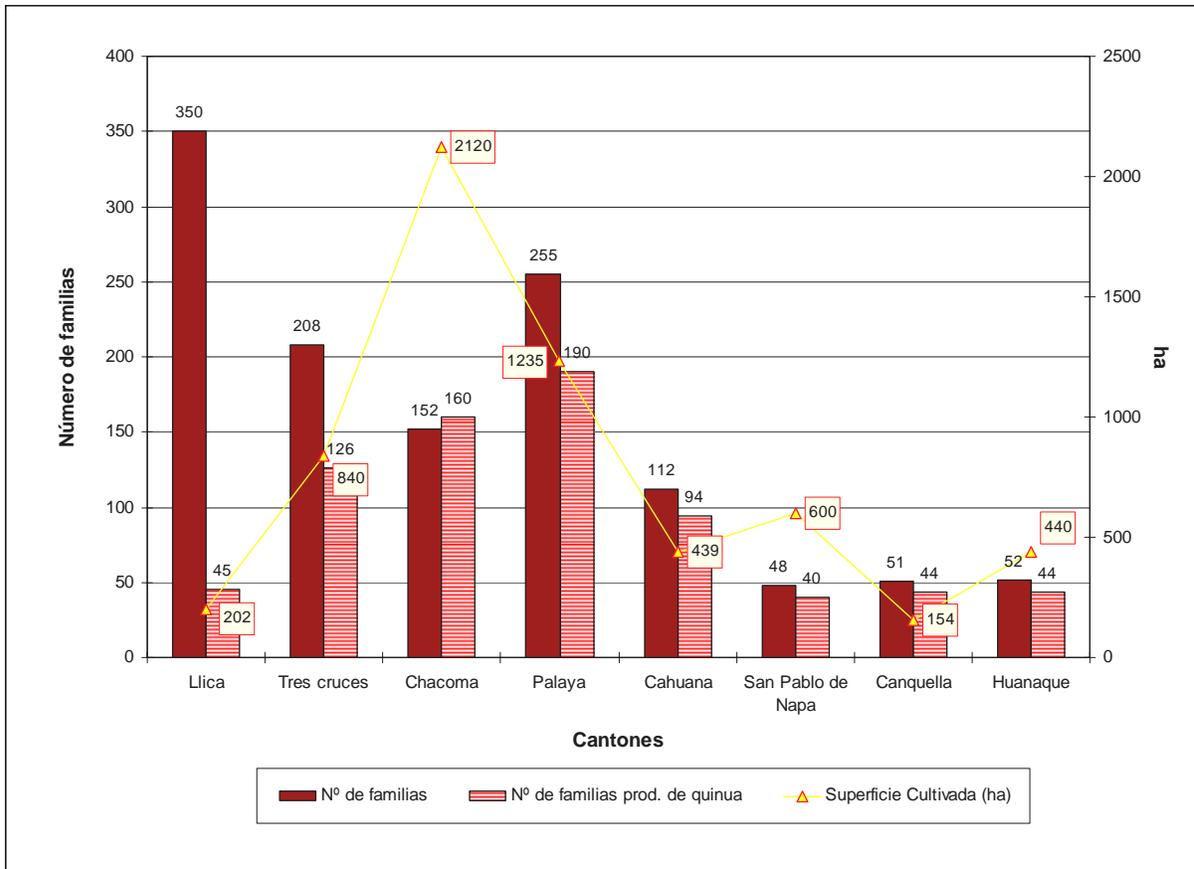


Figura 4. Número de familias dedicadas al cultivo de quinua en el municipio de Llica

Los valores anteriormente citados, explican los resultados de superficie cultivada para este municipio, ya que en aquellos cantones donde el valor en hectáreas de quinua es elevado (mayor a 1000 ha) es directamente proporcional a la cantidad de familias que se dedican a la siembra de la quinua y la cantidad de hectáreas que destinan para tal caso, constituyéndose en zonas netas productoras de quinua.

La superficie total cultivada para Llica (2005 – 2006), se aproxima a un valor de 6031 ha, producidas por 743 familias (cuadro 10), Chacoma es uno de los cantones con mayor superficie cultivada, pero en los resultados obtenidos en base datos proporcionados por el PDM del municipio, llama la atención de que la cantidad de familias productoras de quinua sobre pase el total de las familias en el cantón, es así que se tienen diferentes versiones debido probablemente al uso de diferentes metodologías en el levantamiento de la información y a la dificultad que es la

recolección de estos datos ya que una gran parte de los productores son residentes y vienen solamente en la época de cultivo

Cuadro 10. Producción de quinua en el municipio de Llica

| Nº | Cantón | Nº de familias | Nº de familias prod. de quinua | Superficie Cultivada (ha) |
|--------------|-------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------|
| 1 | Llica | 350 | 45 | 203 |
| 2 | Tres cruces | 208 | 126 | 840 |
| 3 | Chacoma | 152 | 160 | 2120 |
| 4 | Palaya | 255 | 190 | 1235 |
| 5 | Cahuana | 112 | 94 | 439 |
| 6 | San Pablo de Napa | 48 | 40 | 600 |
| 7 | Canquilla | 51 | 44 | 154 |
| 8 | Huanaque | 52 | 44 | 440 |
| Total | | 1228 | 743 | 6031 |

Fuente: Elaboración propia en base a Gobierno Municipal de Llica 2007

En la figura 5, podemos observar la distribución que tiene el municipio de Llica para la superficie cultivada de quinua.

Podemos ver que los cantones de Chacoma y Palaya resaltan por los valores que tienen en hectáreas de cultivo de quinua, representan el 56 % del total de superficie cultivada. Los restantes seis cantones representan el 44 % del total de 6031 hectáreas.

Reafirmando los resultados obtenidos, el PEDEL (2005 -2015) de acuerdo a un diagnóstico realizado por la Mancomunidad de los Lípez, dice que el municipio de Llica tiene una extensión de cultivo de quinua de 5396 hectáreas, de las cuales 325 se halla con riego. Contrariamente Villca (2002) afirma que el área de producción de la quinua real en la provincia Daniel Campos abarca todas las comunidades de los cantones de Llica, Tahua y Yonza, y en conjunto equivale alrededor de 2486 hectáreas a parte de las que pueden ser habilitadas.

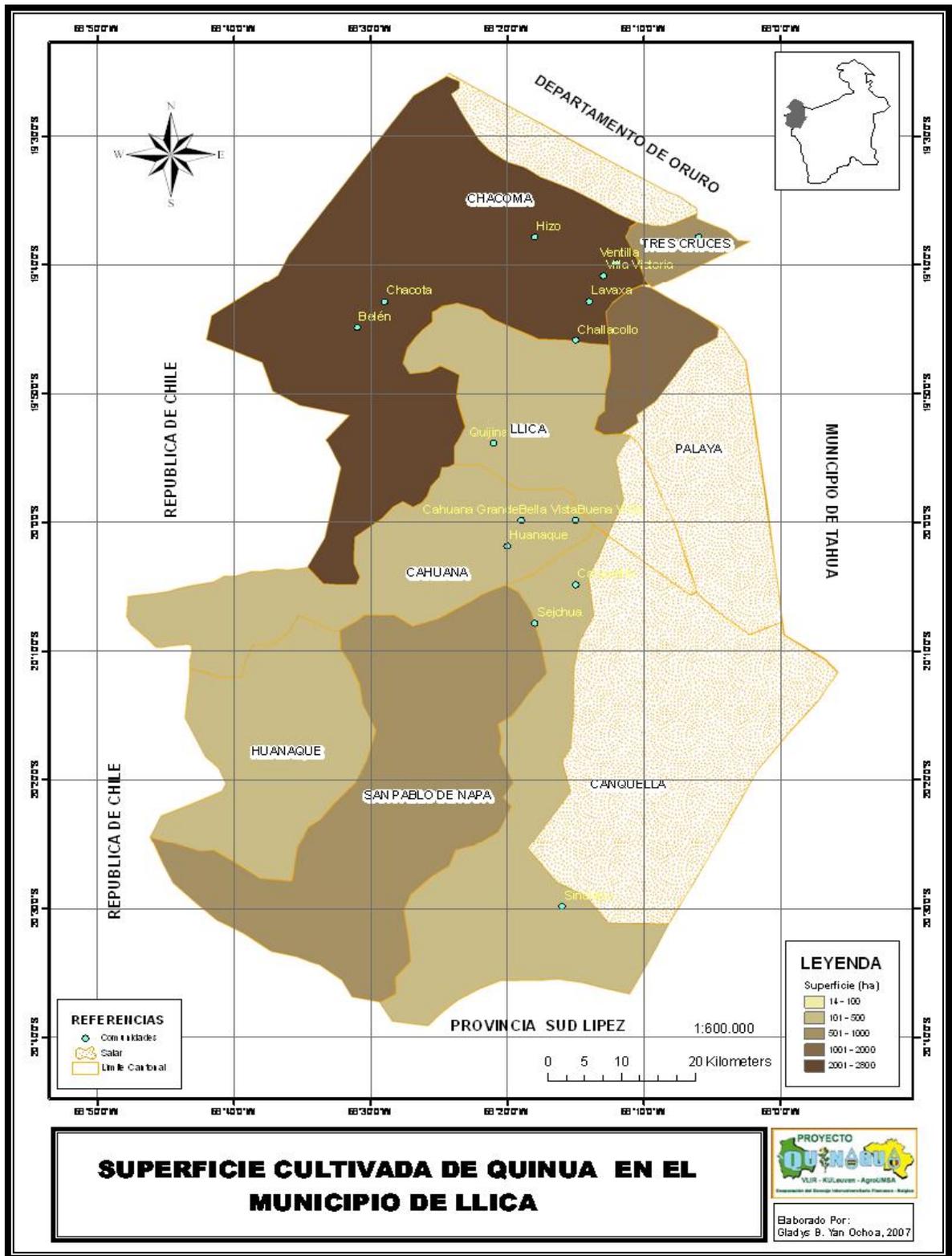


Figura 5 . Superficie cultivada de quinua a nivel cantonal en el municipio de Llica (2005 – 2006)

Se puede denotar que la cantidad de hectáreas destinadas al cultivo de quinua en el municipio de Llica va en aumento, en cantones que ya cultivaban con anterioridad y en aquellos que van introduciéndose a este rubro, seguramente como respuesta a la demanda del mercado internacional que está en incremento.

Ahora se explica el municipio de Colcha K: tiene trece cantones, lo que muestra en el cuadro 11, es la superficie en hectáreas del cultivo de quinua, por cantón; San Cristóbal es la zona que tiene la mayor extensión en hectáreas de cultivo de quinua con un total de 793, representando el 23 % de un total a nivel municipal de 3423.12 hectáreas, seguidamente el cantón de San Juan de Rosario ocupa un segundo lugar, con 750 hectáreas que llega a ser 22 % en todo el municipio. Estos dos cantones representan el 55 % de la superficie cultivada del municipio.

Estos dos cantones representan el 55 % de la superficie cultivada en el municipio.

Cuadro 11. Cantones del municipio de Colcha K y superficie cultivada de quinua

| Nº | Cantón | Superficie cultivada (ha) |
|--------------|---------------------|---------------------------|
| 1 | Colcha "K" | 347 |
| 2 | Santiago "K" | 252 |
| 3 | San Juan de Rosario | 750 |
| 4 | Santiago Agencha | 300 |
| 5 | Llavica | 60 |
| 6 | Atulcha | 20 |
| 7 | Calcha "K" | 130 |
| 8 | Julaca | 14 |
| 9 | Río Grande | 41 |
| 10 | Zoniquera | 580 |
| 11 | San Cristóbal | 793 |
| 12 | Cocani | 36 |
| 13 | Puerto Chuvica | 100 |
| TOTAL | | 3423 |

Fuente: Elaboración propia en base a Plan de Desarrollo Municipal, 2007

La figura 6, establece la variación existente de superficie de quinua, en este municipio.

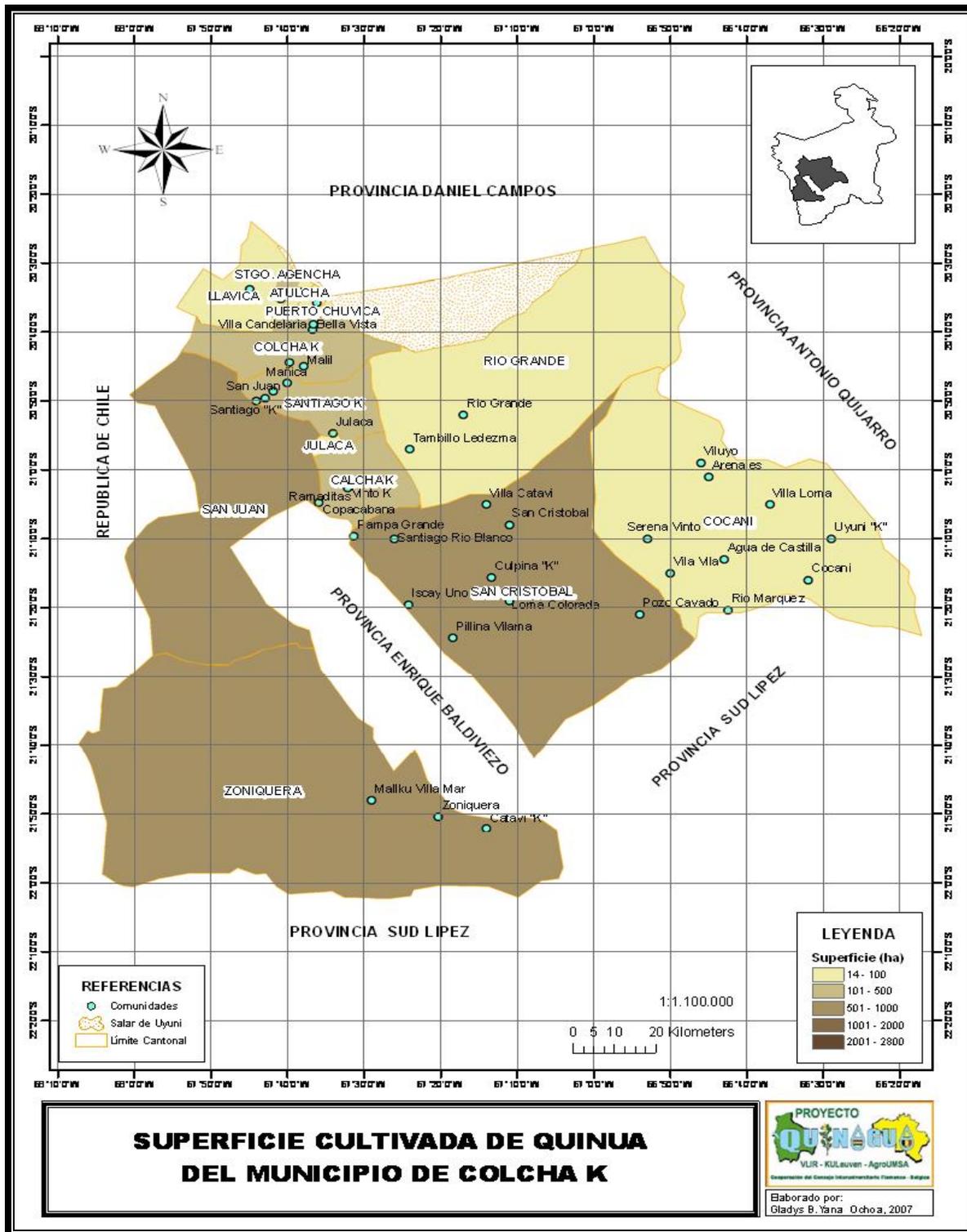


Figura 6. Superficie cultivada de quinua por cantones del municipio de Colcha K

Para la Mancomunidad de los Lípez, según reportes del PEDEL (2005 -2015), el municipio de Colcha K tiene 3890.27 hectáreas destinadas al cultivo de quinua, valor que es similar al reportado en los resultados.

A comparación del municipio de Salinas de Garci Mendoza y Llica, Colcha K es un municipio que está en pleno crecimiento de la superficie cultivada de quinua, ya que representa aproximadamente un 50 % y 30 % de la superficie que destina el municipio de Llica y Salinas de Garci Mendoza para la quinua respectivamente.

5.1.2 Rendimiento promedio de quinua en los municipios de estudio

La información que enseña el cuadro 12, es el rendimiento promedio en kg/ha de quinua para los cuatro municipios en estudio.

Como se puede advertir Salinas de Garci Mendoza es el municipio que registra el máximo valor, con 1016 kg/ha, le sigue Llica y Colcha K con 783 y 685 kg/ha respectivamente, por último Sica Sica con 265 kg/ha.

Cuadro 12. Rendimiento promedio de quinua en los municipios de estudio (2005 – 2006)

| Nº | Región | Municipio | Rendimiento promedio (kg/ha) |
|----|-------------------|--------------------------|------------------------------|
| 1 | Altiplano Central | Sica Sica | 265 |
| 2 | Altiplano Sur | Salinas de Garci Mendoza | 1016 |
| 3 | Altiplano Sur | Llica | 783 |
| 4 | Altiplano Sur | Colcha K | 685 |

Fuente: Elaboración propia, en base a los Planes de Desarrollo Municipal de cada municipio y al Servicio departamental Agropecuario del departamento de Oruro.

Los mismos valores son reflejados en la figura 7, para representar de manera objetiva la diferencia que existe entre los valores de rendimiento promedio para los cuatro municipios.

Aquellos municipios pertenecientes al Altiplano Sur de Bolivia (Salinas, Llica y Colcha K), presentan rendimientos óptimos y mayores al rendimiento promedio a nivel nacional (600 kg/ha) (PEDEL 2005 – 20015), a diferencia del municipio del Altiplano

Central (Sica Sica) el cual representa aproximadamente una tercera parte del promedio nacional.

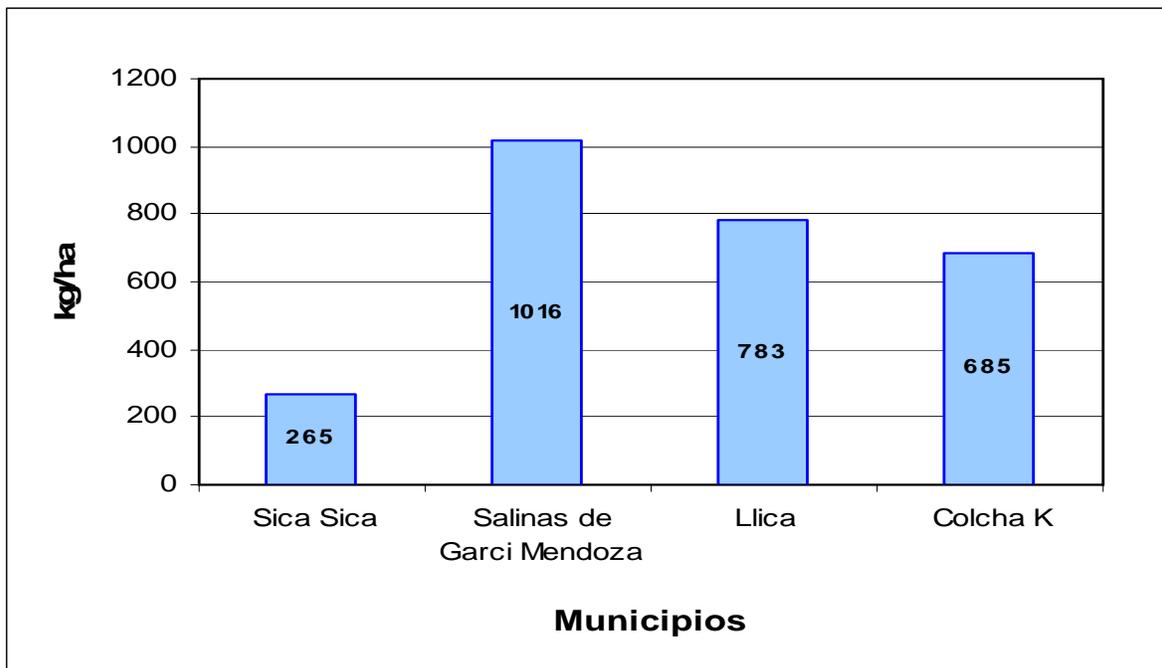


Figura 7. Rendimiento promedio de quinua en los municipios de estudio (2005 – 2006).

Estas diferencias tan significativas, pueden ser resultado de diversos factores que afectan al valor de ésta variable tan importante, ahora se pasa a explicar los más relevantes.

Generalmente en Sica Sica, el cultivo de quinua se siembra después del cultivo de papa, este último si es abonado con estiércol de ovino, cuyos restos son aprovechados por el cultivo de quinua el siguiente año agrícola (rotación de cultivo). No se utiliza fertilización alguna, tampoco realizan ningún tipo de labor cultural (deshierbes), se trasladan a sus terrenos a sembrar y no siguen el cultivo hasta la cosecha, uno de cada diez agricultores realiza alguna actividad durante el desarrollo del cultivo.

Estudios realizados en la zona por Trujillo (2000), afirman evidentemente que en cuanto al uso de abonos orgánicos y fertilizantes químicos en la quinua no es una

práctica tradicional, y solo utilizan los residuos no aprovechados por la papa en la siembra anterior.

El sistema de siembra más empleado es al voleo – surcado (fotografía 4), y en hileras que consiste en el esparcido manual del grano siguiendo una surcadora, con tractor o yunta, con éste sistema e siembra en que el distanciamiento entre plantas y surcos es muy estrecho, el aprovechamiento de las plantas de quinua, de nutrientes del suelo y humedad no es satisfactorio, es más competitivo, reflejándose en plantas pobres en tamaño de panoja, cantidad y tamaño de grano.



Fotografía 4. Parcela de quinua en el Altiplano Central

En cambio en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, para la producción de la quinua los campesinos utilizan abono natural y otros abonos químicos. El abono natural utilizado es el estiércol de llama y/u oveja. El sistema de siembra es por golpe, manual o mecanizado (sembradora) y la distancia entre surcos y plantas varía entre 0.8 m a 1 m de distancia (fotografía 5), en ocasiones si la humedad del terreno no es óptima sobrepasa el metro de distancia.



Fotografía 5. Parcelas de quinua en el Altiplano Sur

En Llica, la mayor parte de los productores se dedica al cultivo de quinua orgánica, lo que implica el no uso de fertilizantes químicos, y pesticidas. Para mejorar el nivel nutritivo de los suelos, utilizan estiércol camélido y ovino. Según Quispe *et al.* (2006), este insumo se utiliza en el momento de la preparación del suelo distribuyendo el abono al voleo a razón de 10 toneladas por hectárea, durante la siembra o desarrollo del cultivo en forma localizada o en hoyos a razón de 2 a 3 toneladas por hectárea.

Del mismo modo en Colcha K, el abono orgánico utilizado, es principalmente estiércol de llama u oveja, la cual es utilizado prioritariamente en los cultivos de papa y haba.

En el municipio de Sica Sica el rendimiento promedio más alto es de 342 kilogramos por hectárea, en la comunidad de Cala Cala, y le sigue la comunidad de Surcavito con 322 kilogramos de quinua por hectárea sembrada, (cuadro 13).

Cuadro 13. Rendimiento por comunidad en el municipio de Sica Sica (2005 – 2006)

| Cantones | Comunidades | Rdto. (kg/ha) |
|-------------------|-------------|---------------|
| SICA SICA | Capunuta | 207 |
| | Maca | 186 |
| AYAMAYA | Ayamaya | 294 |
| LAHUACHACA | Cala Cala | 342 |
| | Surcavito | 322 |
| VILA ESTEBAN ARCE | Antipampa | 238 |

Fuente: Elaboración propia en base a Aliaga , 2007.

En comparación con los reportes del Plan de Desarrollo Municipal 1999 – 2003, fue de 782 kg/ha mayor a los resultados presentados.

Aliaga (2007), menciona que estos rendimientos bajos probablemente se pueden atribuir por efecto de las precipitaciones tardías ocurridas en la zona, a la deficiencia de la calidad de semilla, baja fertilidad del suelo, incidencia de insecto-plaga y/o factores abióticos.

Las razones de bajos rendimientos pueden ser a causa de factores climáticos, menciona FDTA (2002b), como la falta o exceso de precipitación pluvial en el momento adecuado , suelo, plagas las cuales provocan pérdidas de 21.31 % (Saravia y quispe, 2005) etc., pero no se debe dejar de lado la importancia que el agricultor le da al cultivo de quinua, el desconocimiento del buen manejo del recurso suelo, labores culturales y manejo de plagas, recayendo todo esto en que el cultivo de quinua no tiene el incentivo tanto económico (créditos) y técnico, por parte de instituciones del rubro, necesario para su producción.

Mújica *et al.* (2001b), hacen referencias a otras zonas de producción de quinua, se encuentra problemas como, escasa precipitación pluvial, terrenos marginales, el olvido del uso de estiércoles lo que significa que los rendimientos en promedio no sobrepasan 850 kg/ha, para el altiplano peruano - boliviano.

Al respecto en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, de acuerdo a los resultados obtenidos, muestran como valor promedio de 1016 kg/ha, este es un valor

promedio para cada uno de los cantones del municipio de Salinas. Es por eso que no se hace una diferenciación entre cantones y su rendimiento promedio.

Este valor de rendimiento promedio, puede resultar una estimación de parte de las autoridades del Servicio Departamental Agropecuario del departamento de Oruro, tal vez obtenido en un ensayo experimental, ya que los valores obtenidos en campo en la zona de Irpani y Salinas, arrojan valores de 454 – 867 kg/ha respectivamente, valores bajos resultado del ataque de plagas, cuyo ataque puede ocasionar pérdidas de 33.37 % como promedio en el Altiplano Sur (Aroni y Aroni, 2005b), si se toma en cuenta el valor ocasionado por el ataque de plagas, probablemente se alcance los rendimientos de más de 1000 kg/ha, pero es casi absurdo el que exista cero ataque de plagas en el cultivo, para tal caso se debe realizar un control de las mismas.

Así poder obtener rendimientos de 1391 kg/ha como lo mencionan Aroni y Aroni (2005a), infundiendo a los agricultores a que con un buen manejo del cultivo los rendimientos pueden ser verdaderamente satisfactorios. Como dice Gutierrez (1998), la intensificación de los cultivos de quinua, alteró la secuencia de rotación de tipos de cultivos y áreas de cultivo, de tal forma que se repite una y otra vez el uso de la misma parcela para su producción y el mercado da preferencia a las variedades de quinua más dulces, con menor contenido de saponina, que presentan una menor resistencia a los insectos lepidópteros (principales plagas del cultivo de quinua).

Coincidiendo con lo anterior el CICDA 2000, registra datos de 400 a 750 kg/ha en la sección municipal de Salinas de Garci Mendoza. Tomando en cuenta a otros factores Pacheco (2004) afirma, que en la zona del Salar de Uyuni la producción de grano por hectárea es variable entre 400 a 600 kilogramos dependiendo si es un año lluvioso o no, la variedad, grado de abonamiento, proliferación de plagas, esta última a consecuencia del monocultivo y degradación del medio ambiente, anteriormente mencionado.

Probablemente el abuso de nuestros recursos naturales, en este caso el recurso suelo, conlleve a daños irreparables a futuro, es así que Terceros (1996), también

afirma que el monocultivo relativamente intenso en el departamento de Potosí, permitió inicialmente rendimientos de hasta 1500 kg/ha, para posteriormente bajar a límites insostenibles para el agricultor (50 – 100 kg/ha) causados por: la pérdida de estructura del suelo, proliferación de plagas y adversidad climatológica.

Identificando como problema principal la pérdida de la estructura del suelo, por la adopción de tecnología mecánica para el laboreo del suelo, adicionalmente la pérdida de humedad retenida en los suelos, ya que se ha producido una sobreexplotación de los mismos de tal forma que en la actualidad se puede observar grandes extensiones de tierras marginales abandonadas.

Los rendimientos que presenta el cultivo de quinua en el municipio de Llica, muestran un comportamiento homogéneo, solamente el cantón de Tres Cruces sobresale con el más alto rendimiento con 885 kilogramos por cada hectárea, así lo observamos en el cuadro 14.

Cuadro 14. Rendimiento promedio de quinua en el municipio de Llica

| Nº | Cantón | Rendimiento promedio (kg/ha) |
|-----------------|-------------------|------------------------------|
| 1 | Llica | 725 |
| 2 | Tres cruces | 885 |
| 3 | Chacoma | 775 |
| 4 | Palaya | 828 |
| 5 | Cahuana | 750 |
| 6 | San Pablo de Napa | 800 |
| 7 | Canquella | 760 |
| 8 | Huanaque | 745 |
| Promedio | | 783 |

Fuente: Elaboración propia, en base a PDM 2007

En la preparación de los suelos y en la siembra se utiliza maquinaria agrícola, ya que la mayoría de los terrenos están en la planicie, lejos de sus comunidades y se encuentran a tan grandes distancias que no se puede llevar la yunta, para trabajar.

La figura 8, muestra los valores de rendimiento, en las zonas influenciadas por el salar, los cuales son valores elevados,, en tal caso la respuesta se puede encontrar

en la utilización de tecnología empleada, mecanizado como en los cantones de Chacoma, Palaya, Canquilla, San Pablo de Napa y Llica los cuales presentan rendimientos elevados; en cambio los cantones de Huanaque y Cahuana que reflejan un menor rendimiento siguen con el sistema manual.

Pero contradictoriamente, el Centro Internacional de cooperación para el desarrollo agrícola (2000), de acuerdo a resultados de diagnósticos realizados por la zona, afirman que el rendimiento promedio está entre 400 y 600 kg/ha.

En el municipio de Colcha K se estimó un rendimiento promedio de 14 qq/ha, equivalente a 685 kg/ha aproximadamente (Cuadro 15), en algunas comunidades se tiene rendimientos de 750 kg/ha, llegando en algunos casos a llegar a los 1000 kg/ha en ciertas zonas donde se tiene suelos con mayor materia orgánica y suelos vírgenes, así que la zona de Puerto Chuvica posee el mayor rendimiento en todo el municipio.

Cuadro 15. Rendimiento promedio de quinua en el municipio de Colcha K

| Nº | Cantón | Rendimiento promedio (kg/ha) |
|-----------------|---------------------|------------------------------|
| 1 | Colcha "K" | 640 |
| 2 | Santiago "K" | 625 |
| 3 | San Juan de Rosario | 450 |
| 4 | Santiago Agencha | 750 |
| 5 | Llavica | 750 |
| 6 | Atulcha | 900 |
| 7 | Calcha "K" | 900 |
| 8 | Julaca | 500 |
| 9 | Río Grande | 565 |
| 10 | Zoniquera | 650 |
| 11 | San Cristóbal | 630 |
| 12 | Cocani | 550 |
| 13 | Puerto Chuvica | 1000 |
| PROMEDIO | | 685 |

Fuente: Elaboración propia, en base a PDM del municipio de Colcha K, 2007.

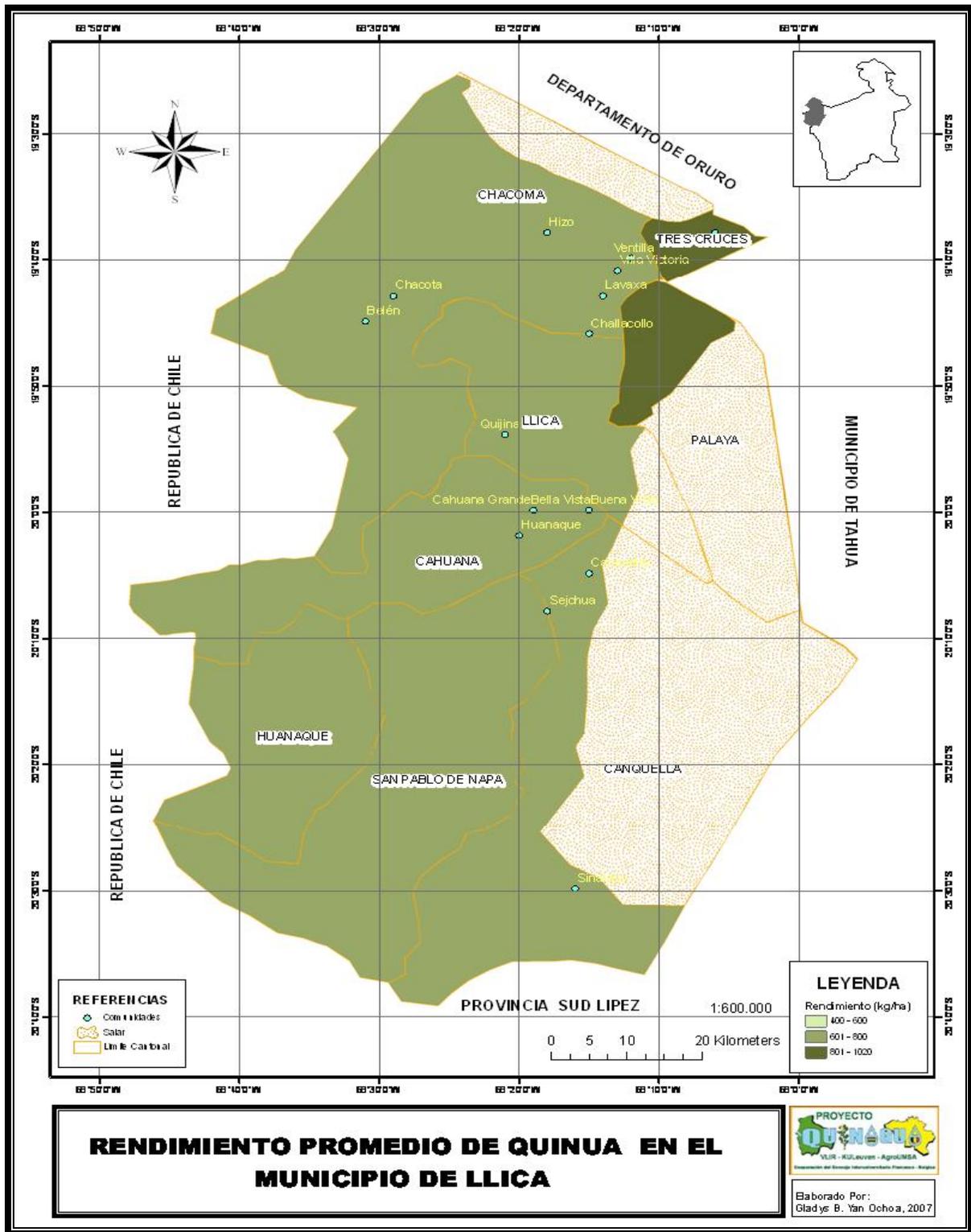


Figura 8. Rendimiento promedio a nivel cantonal del municipio de Llica (2005-2006)

Estos resultados son plasmados gráficamente en la siguiente Figura 9, la cual muestra a los cantones de Chuvica y Colcha K con altos valores de rendimiento 1000 y 900 kg/ha. Respectivamente.

Así podemos mencionar que un 61 % de los cantones del municipio de Colcha K, presentan un rendimiento mayor a 600 kg/ha.

5.1.3 Volumen de producción de quinua en los municipios en estudio

Valores de producción de quinua, en toneladas métricas, se muestra en el cuadro 16 y figura 10, Salinas de Garci Mendoza produce para este período (2005 – 2006), 8605 toneladas más que el municipio de Llica, el cual cuenta con una producción de 4725 toneladas de quinua. Colcha K queda en un último lugar con 2345 toneladas.

Cuadro 16. Volumen de producción de quinua en los municipios de estudio (2005 – 2006)

| Nº | Región | Municipio | Producción (Tm) |
|----|-------------------|--------------------------|-----------------|
| 1 | Altiplano Central | Sica Sica | - |
| 2 | Altiplano Sur | Salinas de Garci Mendoza | 13330 |
| 3 | Altiplano Sur | Llica | 4725 |
| 4 | Altiplano Sur | Colcha K | 2345 |

Fuente: Elaboración propia, en base a PDM de los municipios de Salinas de Garci Mendoza, Llica y colcha K

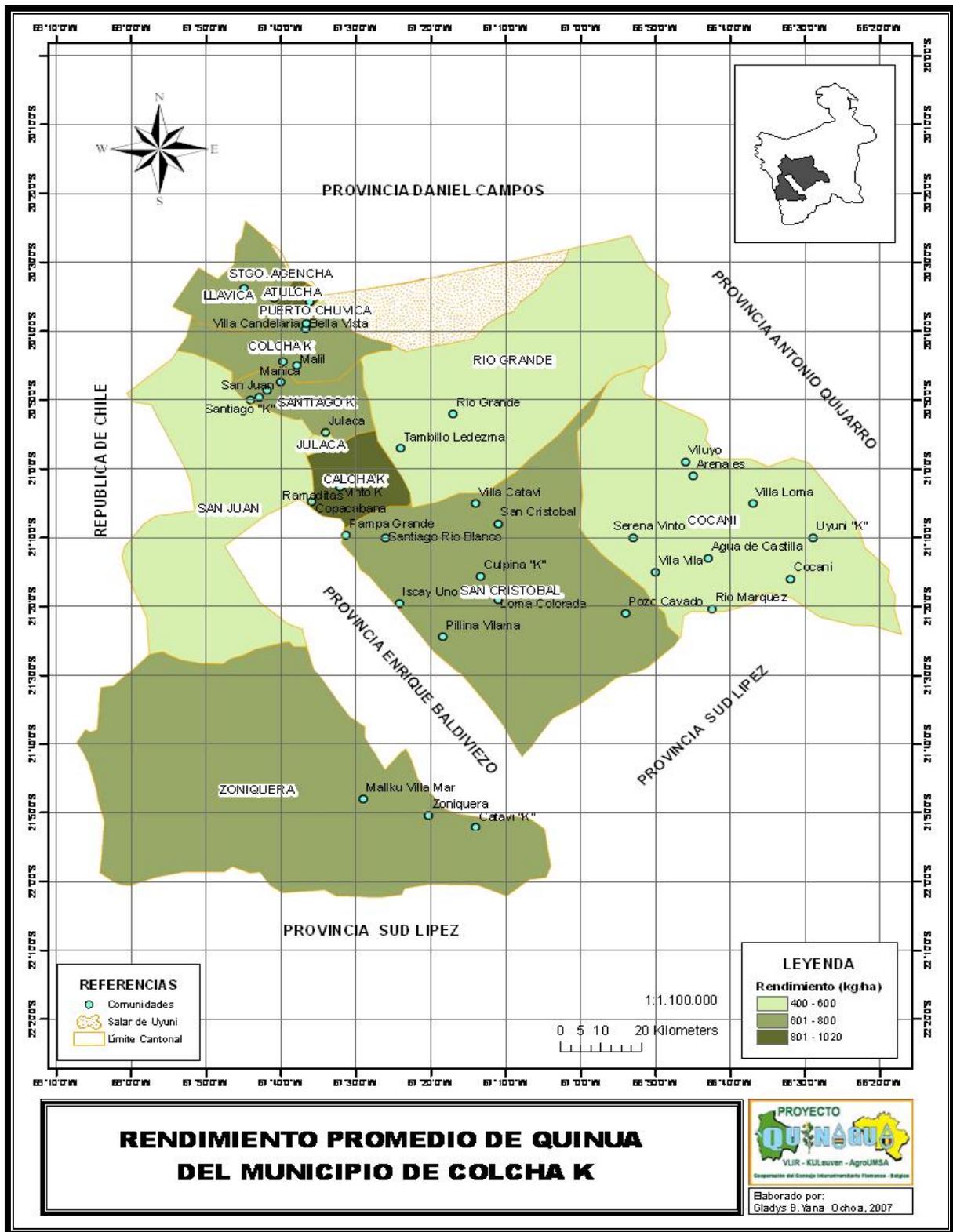


Figura 9 . Rendimiento promedio de quinua en el municipio de Colcha K

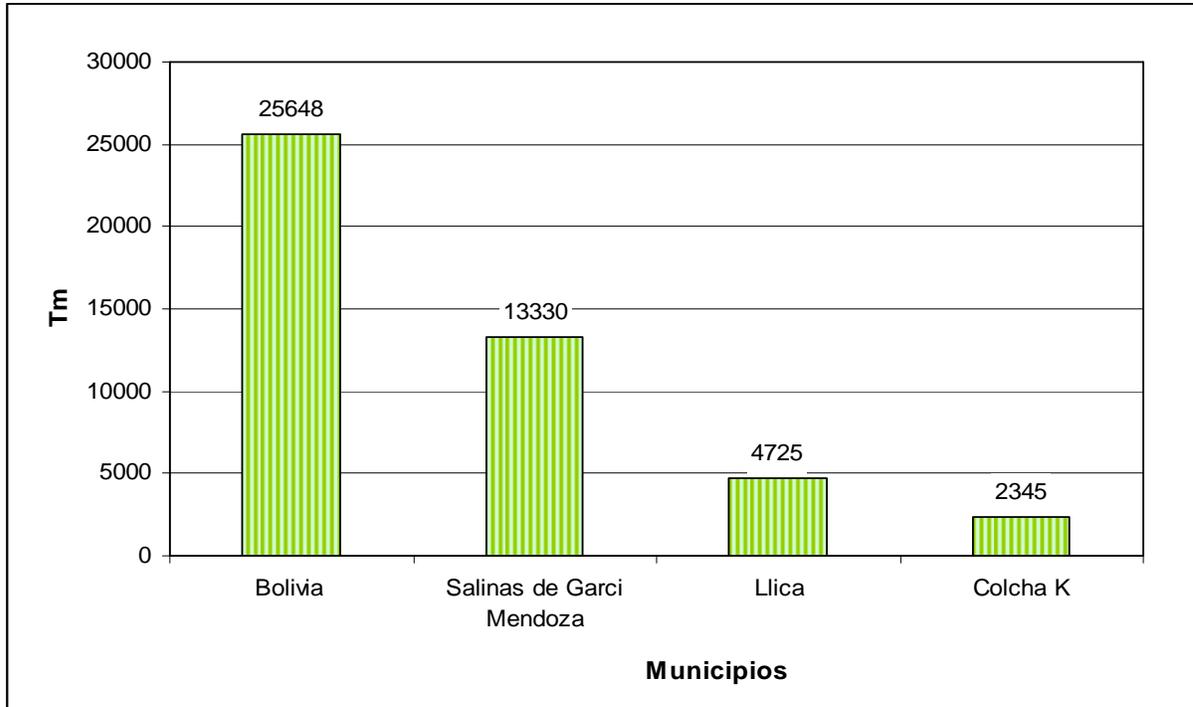


Figura 10. Volumen de producción de quinua a nivel nacional y municipal

Con respecto al volumen de producción de quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, éste responde directamente en nuestro caso de la cantidad en hectáreas de superficie cultivada, ya que se maneja un solo valor de rendimiento promedio.

Se representa en la figura 11, el volumen de producción por cantón del municipio de Salinas, el cantón Aroma y Ucumasi representan un 39 % de un total a nivel municipal de 13330 toneladas, como se había mencionado anteriormente, los cantones Salinas de Garci Mendoza, Jirira y Villa Esperanza tenían un valor global entre los tres, de forma equitativa fue distribuida el volumen de producción, haciendo un total entre los tres cantones del 43 %.

Las zonas de Aroma y Ucumasi, serían las más productoras en el municipio de Salinas, seguidos por el grupo de Jirira, Salinas y Villa Esperanza.

Sustentando lo anterior, Liberman (1986), indica que con el inicio de las exportaciones de quinua, se crea una presión para aumentar la producción de quinua y campesinos productores se ven en la necesidad de utilizar tecnología moderna en ecosistemas frágiles que han determinado que se presenten efectos devastadores sobre el medio debido a la sobre explotación de los suelos y la ampliación de la frontera agrícola y la sostenibilidad de la producción.

Con la llegada de tecnología moderna en la zona, que se produce en la década de los años 70s, se produce un incremento en la demanda de la producción de quinua, Salinas de Garci Mendoza, era la mayor productora del departamento de Oruro, y por lo tanto la quinua constituía el único recurso a ser promovido (Pacheco, 2004).

Ahora se pasa a mostrar y explicar el comportamiento de la producción en los diferentes cantones del municipio de Llica (cuadro 17), estando influenciados directamente por la cantidad de superficie cultivada de quinua, es así que cantones con mayor superficie cultivada, tendrán mayor producción en toneladas de producto.

Cuadro 17. Volumen de producción de quinua en el municipio de Llica (2005 – 2006)

| Nº | Cantón | Producción TM |
|--------------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | Llica | 147 |
| 2 | Tres cruces | 744 |
| 3 | Chacoma | 1643 |
| 4 | Palaya | 1022 |
| 5 | Cahuana | 329 |
| 6 | San Pablo de Napa | 480 |
| 7 | Canquilla | 117 |
| 8 | Huanaque | 328 |
| Total | | 4810 |

Fuente: Elaboración propia, en base a PDM del municipio de Llica, 2007.

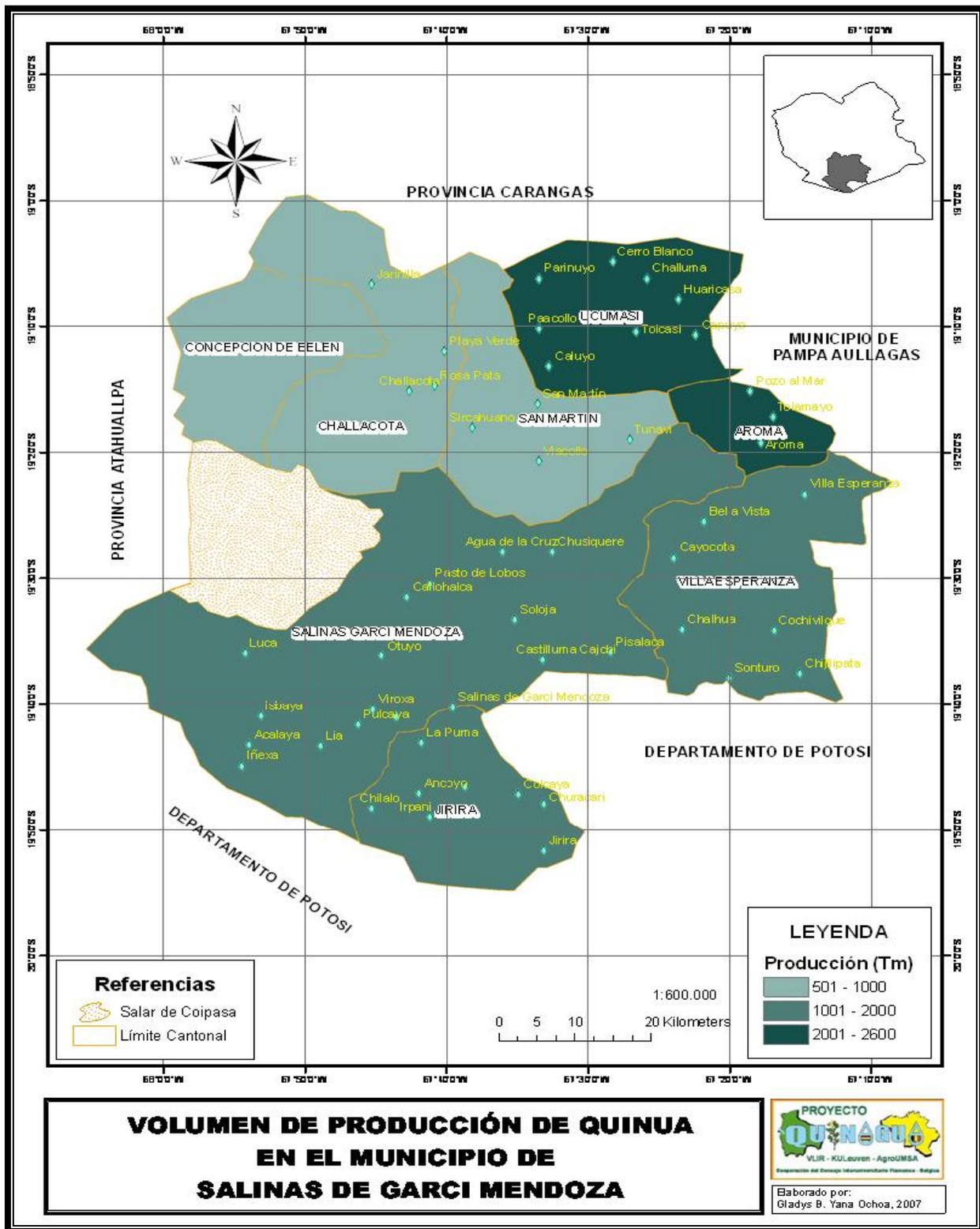


Figura 11. Volumen de producción de quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza a nivel cantonal

La producción en la figura 12, muestra que los cantones con mayor producción son aquellos que presentan también un rendimiento alto, superando los 775 kilogramos por hectárea en relación al resto, el cantón de Chacoma, Palaya y Tres Cruces tienen una producción mayor a 740 toneladas, ya que la producción de los tres cantones representa el 71 % de un total de 4800 toneladas aproximadamente de la producción de quinua del municipio de Llica.

De la misma forma reportes presentados por el PEDEL (2005 – 2015) de la Mancomunidad de Los Lípez registra como mayores productores de quinua a cantones como Chacoma y Palaya con una producción de 523.8 y 299.7 toneladas respectivamente.

Los restantes cantones del municipio de Llica, producen valores inferiores a las 500 toneladas, la consecuencia práctica más directa es que cualquier acción de extensión debería concentrarse en la parte norte del municipio (Chacoma, Tres Cruces y Palaya) e incentivar al resto del municipio para optar por diferentes técnicas para elevar el valor de los rendimientos promedio, que afecta de manera directa a la producción de quinua.

En el municipio de Colcha K, de acuerdo a los datos obtenidos, con respecto a volúmenes de producción por cantón, se estima que se producen en el municipio aproximadamente 42980 qq por año, lo que equivale a 2149 toneladas, se puede observar en el Cuadro 18.

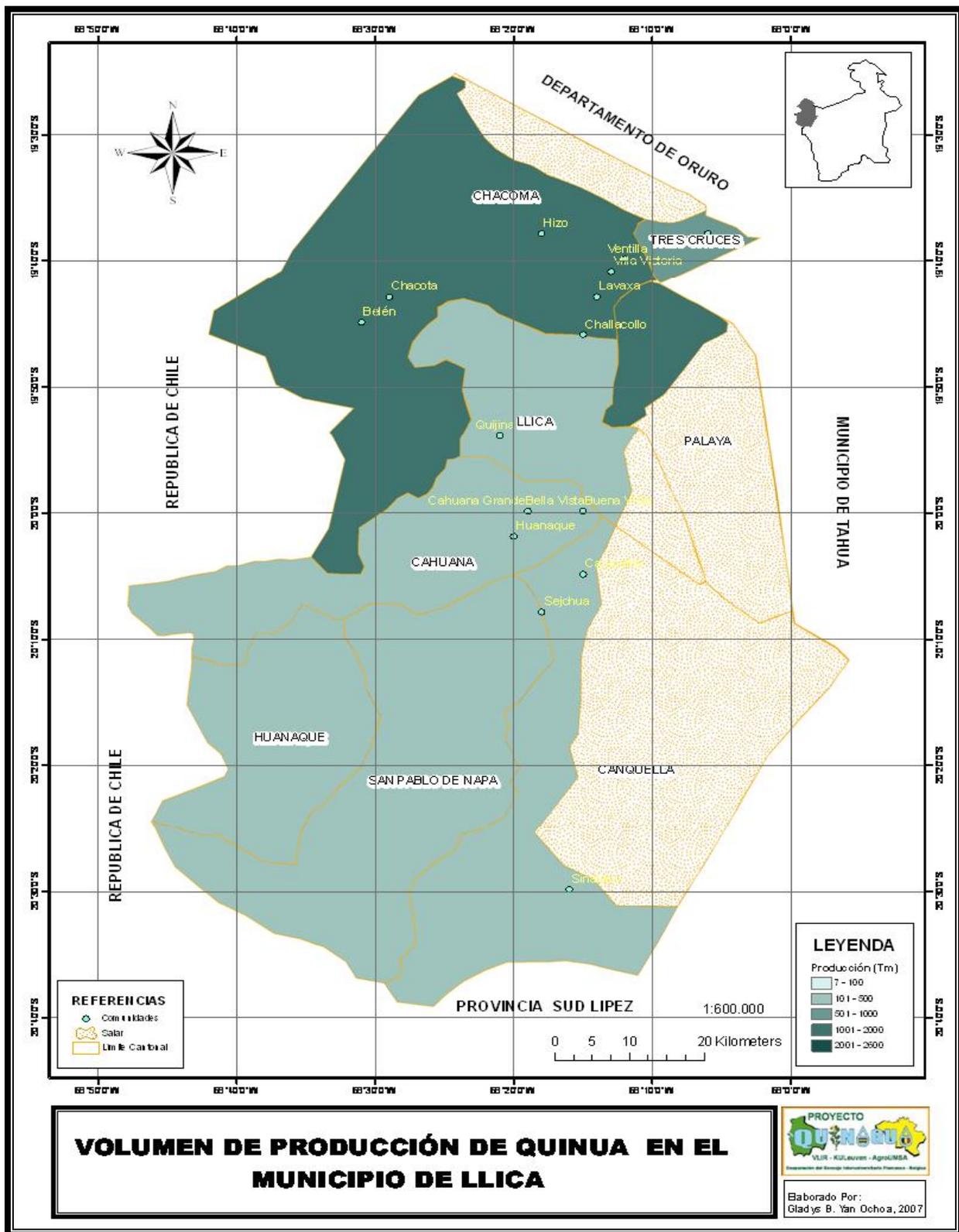


Figura 12. Volumen de producción de quinua del municipio de Llica (2005 – 2006)

Cuadro 18. Volumen de producción de quinua en el municipio de Colcha K (2005 – 2006)

| Nº | Cantón | Producción TM |
|--------------|---------------------|---------------------------------|
| 1 | Colcha "K" | 222 |
| 2 | Santiago "K" | 158 |
| 3 | San Juan de Rosario | 338 |
| 4 | Santiago Agencha | 225 |
| 5 | Llavica | 45 |
| 6 | Atulcha | 18 |
| 7 | Calcha "K" | 117 |
| 8 | Julaca | 7 |
| 9 | Río Grande | 23 |
| 10 | Zoniquera | 377 |
| 11 | San Cristóbal | 500 |
| 12 | Cocani | 20 |
| 13 | Puerto Chuvica | 100 |
| TOTAL | | 2149 |

Fuente: Elaboración propia, en base a PDM del municipio de Colcha K, 2007.

Los cantones que reportan mayor producción, también reportan mayor rendimiento, (600 kilogramos por hectárea) en relación a los demás, los cantones San Cristóbal, Zoniquera y San Juan del Rosario tienen una producción mayor a 300 toneladas, es por ello que la producción de los tres cantones representa el 51 % de un total de 2149 toneladas aproximadamente de la producción de quinua en el municipio de Colcha K. Al respecto PEDEL (2005 – 2015) de la Mancomunidad de Los Lípez, coincide con estos cantones como mayores productores, pero reportan que la producción es 100 toneladas menos, este dato puede deberse a que solo realizaron el estudio en las comunidades de interés y no en todo el cantón.

La distribución espacial, del volumen de producción de quinua en el municipio de Colcha K, a nivel cantonal, se muestra en la figura 13.

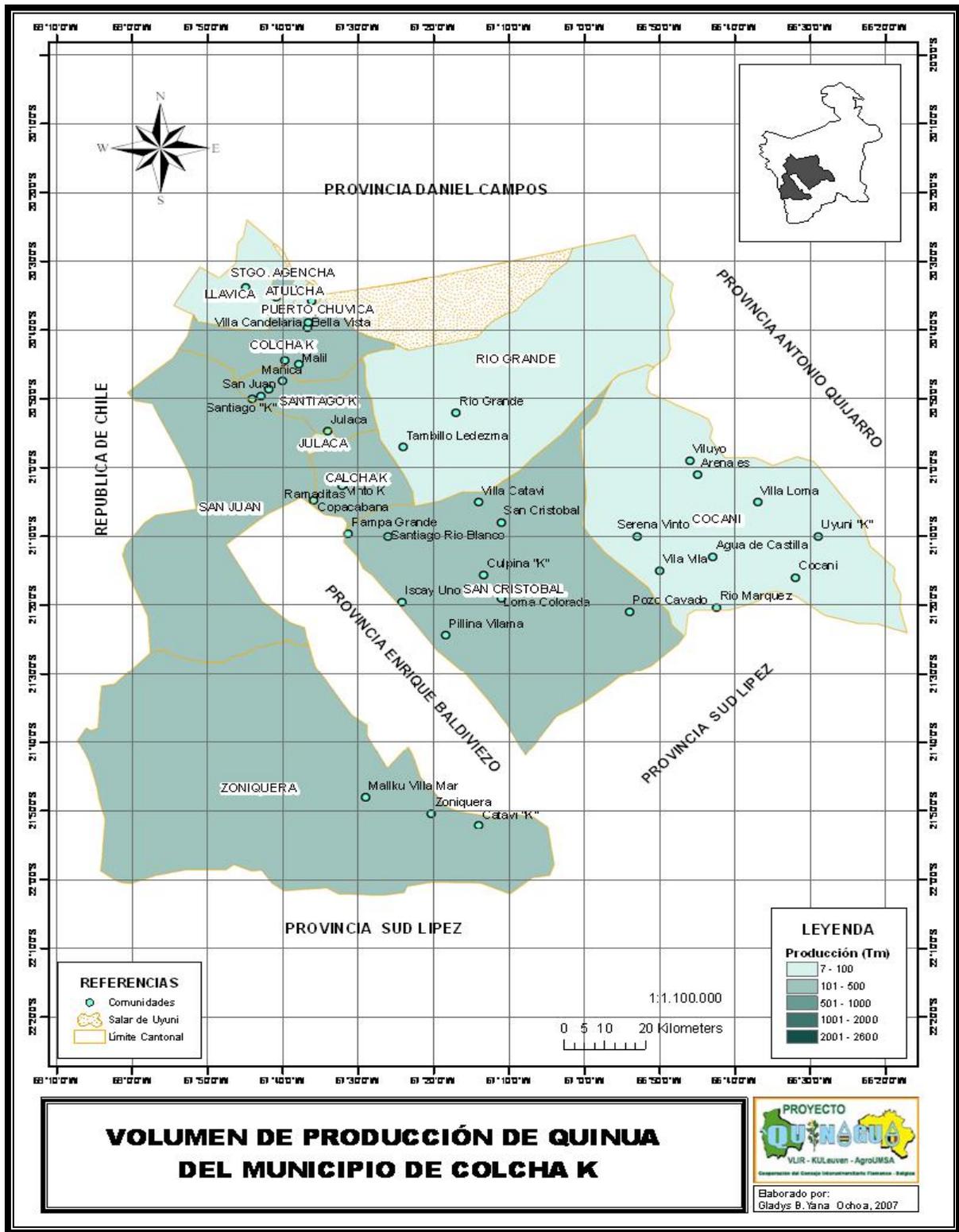


Figura 13. Comportamiento de la producción en el Municipio de Colcha K

5.1.4 Unidades de terreno para los cultivos de quinua

Desde un punto de vista fisiográfico, la quinua es sembrada en diferentes unidades de terreno. En la figura 14, se puede observar las unidades de terreno que tiene el municipio de Sica Sica, del mismo modo se diferencia las unidades de terreno en las que actualmente se siembra quinua.

Llanura pie de monte, llanura aluvial son unidades identificadas como favorables para cultivar quinua, actualmente se encuentran parcelas distribuidas en estas zonas. Tomando en cuenta la altitud máxima a la que se recomienda sembrar quinua, éstas unidades de terreno están por debajo de los 4200 m.s.n.m. tal característica es una de las razones para su elección. Además se toma en cuenta la factibilidad para el uso de aperos de labranza (manual o mecanizado), en la preparación del suelo y la siembra, cuyas actividades son las más importantes por comunidades productoras de quinua en este municipio, ya que el resto del ciclo agrícola el cultivo no recibe en su gran mayoría algún tipo de cuidado (labores culturales), hasta el día de la cosecha.

Se puede observar que las unidades de terreno identificadas donde se cultiva quinua y donde podría darse una extensión de la frontera agrícola para este cultivo a un futuro, representan menos del 50 % con respecto a su distribución espacial, que además y incluye áreas de pastoreo, siembra de otros cultivos, praderas nativas; estudios realizados por ZONISIG (1998), no muestran zonas importantes de producción de quinua en este municipio, y que el incremento de la producción ganadera ha inducido a los productores a sustituir la rotación de cultivos hacia una rotación más forrajera (ADUVIRI, 2005).

Por otra parte, dentro de estas unidades identificadas, se debe realizar un estudio a fondo sobre uso actual de la tierra, tipo de suelo, riesgo de inundación, etc., para poder tener la información necesaria que conllevará a un aprovechamiento sostenible del recurso suelo, que es degradado de manera desmedida en muchos casos, por el factor antrópico.

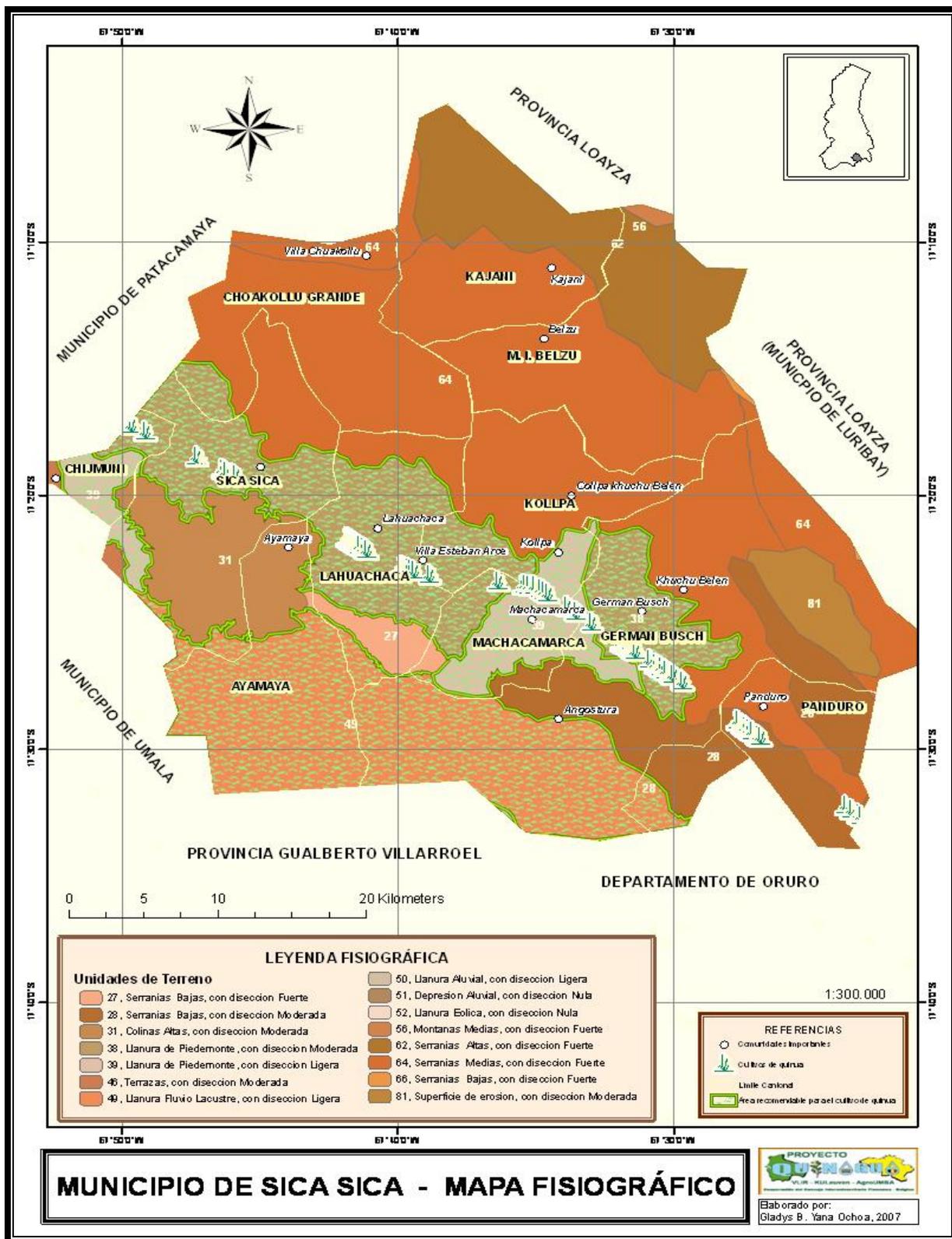


Figura 14. Unidades fisiográficas para cultivar quinua en el municipio de Sica Sica

En el municipio de Salinas de Garci Mendoza, se identificaron unidades fisiográficas para el cultivo de quinua como ser: pie de monte, llanura aluvial, llanura fluvio lacustre, llanura pie de monte, que se puede ver en la figura 15.

Salinas de Garci Mendoza, es un municipio que cuasi en su totalidad, con excepción de los salares y algunas serranías, colinas y montañas bajas, puede ser aprovechado para el cultivo de quinua, tomando en cuenta siempre la conservación de praderas nativas y zonas de pastoreo.

Evidentemente áreas con cultivos de quinua identificados por ZONISIG (1998), como zonas de importante producción quinuera, se hallan ubicados en las unidades de terreno anteriormente citadas y que actualmente con esta investigación se ratifica al municipio de Salinas de Garci Mendoza como uno de los productores más significativos en el rubro de la quinua.

La georeferenciación de cultivos de quinua actuales, realizado en ésta investigación, nos muestra que áreas cultivadas con quinua hace una década (1998), se mantienen hasta el día de hoy, lo más preocupante con esta información es la situación en la que se encuentra el suelo como uno de los recursos naturales primordiales en el proceso agrícola. Al respecto Quispe (2005), menciona que debido al manejo irracional de los recursos naturales, se causaron cambios muy drásticos en la ecología regional del Altiplano Sur, con el paso del tiempo los suelos sufrieron un empobrecimiento paulatino en toda ésta zona quinuera, aspecto que determinó rendimientos de producción bajos (Pacheco, 2004).

La frontera agrícola para la quinua, creció de tal manera que áreas tradicionales para su siembra fueron abandonadas, para pasar a aquellas en las cuales el sistema mecanizado y semimecanizado es sencillo y asequible.

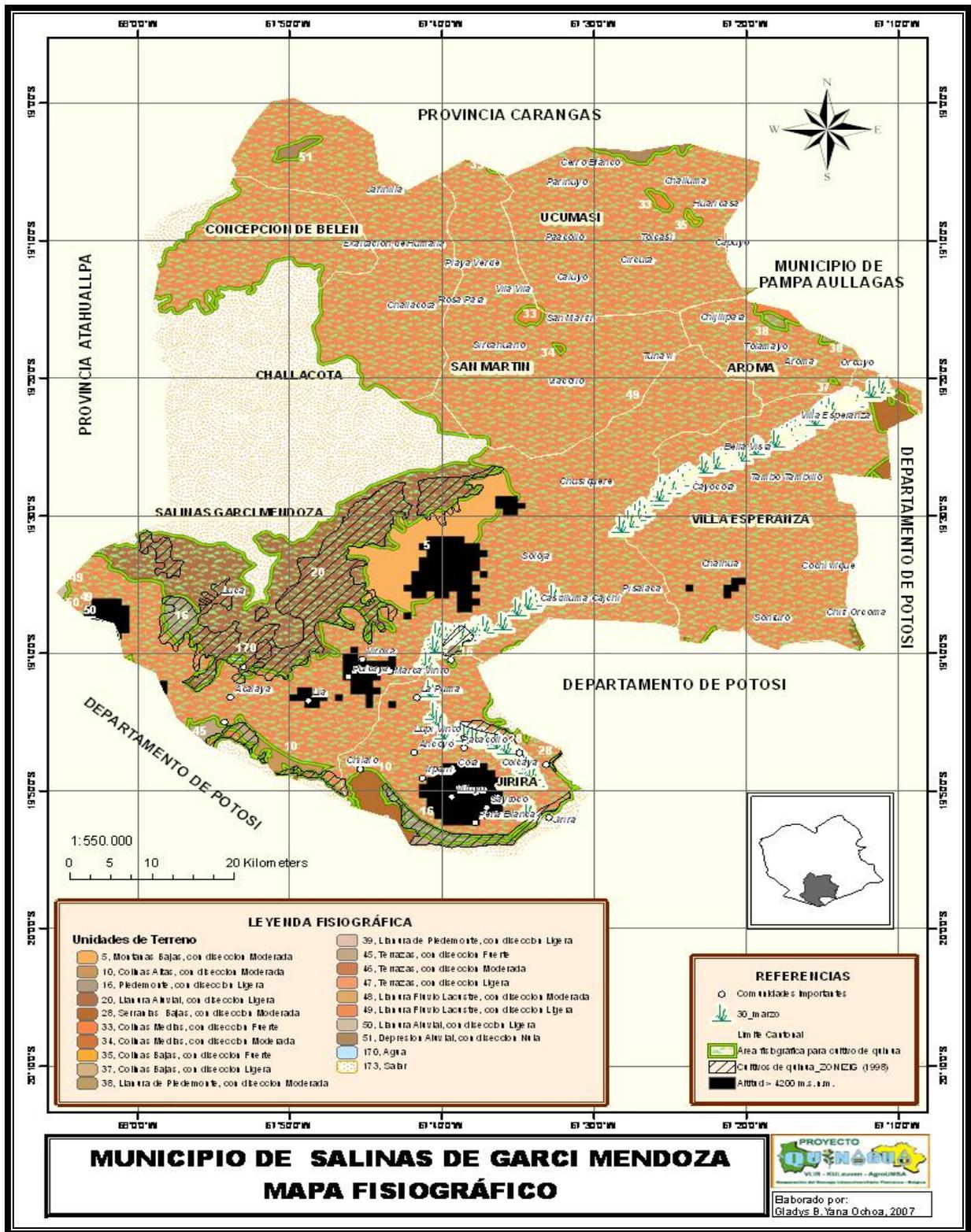


Figura 15. Unidades fisiográficas para cultivar quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza

Es decir que el cultivo de las laderas desciende a las planicies y llanuras, como se puede ver en la figura 16, la quinua tradicionalmente se cultivaba en zonas de ladera (cabeceras de cerros), como en las comunidades de Thunupa (Ladislao Cabrera – Oruro) (fotografías 6 y 7) y las tareas de cultivo se realizaban generalmente en forma manual (Quispe, 2005), la quinua de las laderas baja a las pampas o planicies altiplánicas y la ganadería se restringe a bofedales, laderas altas y parcelas en descanso (Pacheco, 2004),

Comparativamente los costos de producción en planicie, son menores que en ladera. El tractor se utiliza para roturar suelos, sembrar, trillar y trasladar la cosecha, además de realizar un cultivo extensivo de quinua, aunque los rendimientos a veces no siempre sean los esperados, al respecto Quispe (2005) indica que debido al uso del tractor agrícola se presentan problemas como proliferación de plagas (hábitat adecuado para plagas de quinua), erosión eólica e hídrica, tala indiscriminada de especies nativas, tholas, bofedales, etc.

Panorama similar es el que presentan los municipios de Llica y Colcha K, como se observa y distingue en la Figura 16 y 17, las unidades de terreno identificadas con cultivos de quinua son pie de monte, planicies, llanura aluvial, llanura fluvio lacustre.

Cuyas características de altitud y pendiente son favorables para la quinua, sin descartar cualidades como el uso de suelo, tipo de suelo, riesgo de inundación, etc., que se debe tener muy en cuenta al momento de pensar en establecer cultivos de quinua.

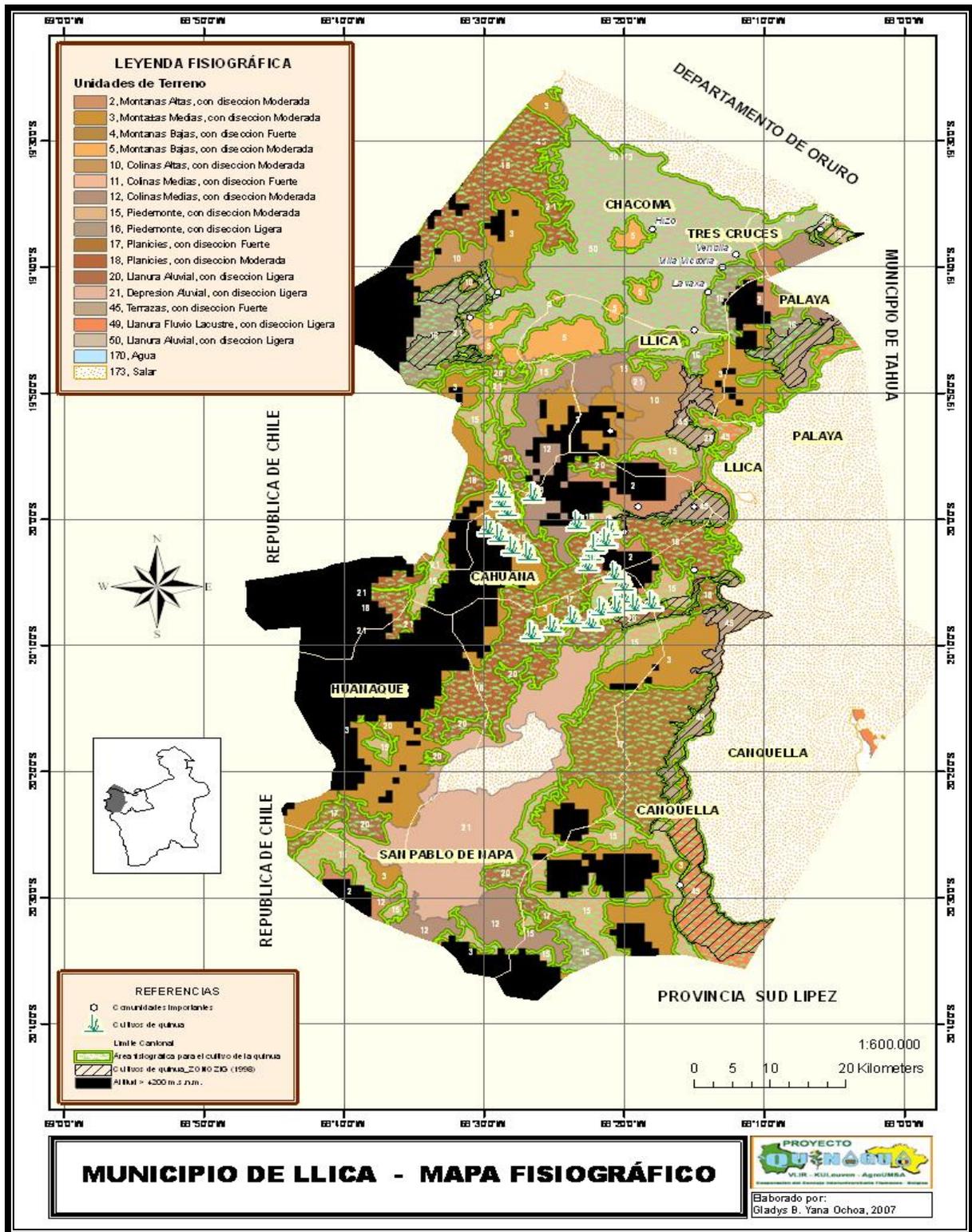
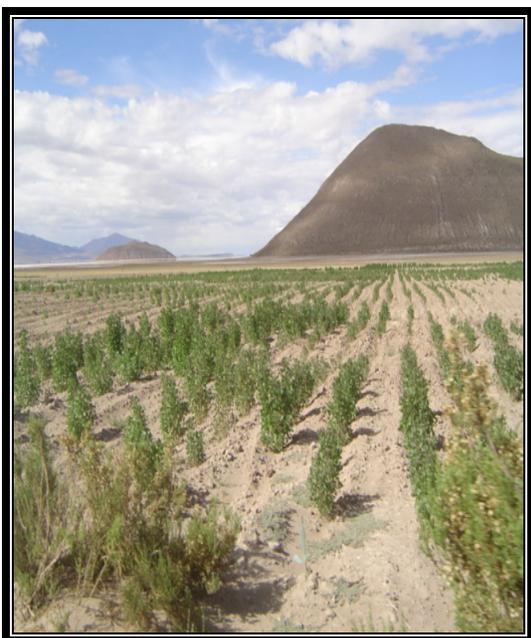
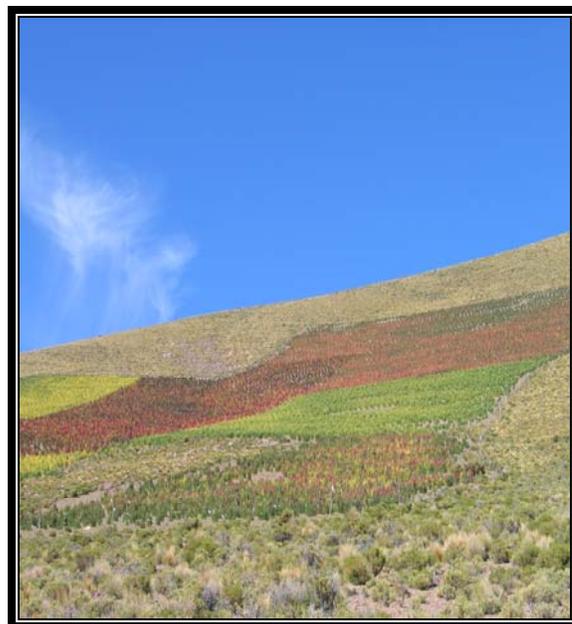


Figura 16. Unidades fisiográficas para cultivar quinua en el municipio de Llica

Se puede notar que en el municipio de Llica lo cultivos de quinua según ZONIZIG (1998), se hallaban dispuestos, a orillas del Salar de Uyuni, cantones como Tres Cruces, Palaya (Quispe, 2005), Canquilla, se sembraban en pie de monte, llanura fluvio lacustre y terrazas, Actualmente los cultivos de quinua se pueden encontrar en las planicies, llanura aluvial y también pie de monte.



Fotografía 6. Cultivos de quinua en planicie (Llica)



Fotografía 7. Cultivos de quinua en ladera (Salinas de Garci Mendoza)

Así mismo para el municipio de Colcha K, la quinua se sembraba en pie de monte, llanura aluvial (de manera reducida), actualmente se mantiene el cultivo en los pie de monte y se cultivan llanuras fluvio lacustres (figura 17).

De acuerdo con las Figuras 15 y 16, las zonas tradicionales de cultivo de quinua, se ampliaron a otras unidades de terreno y a otras comunidades que no se dedicaban a la producción de quinua, muchas comunidades del altiplano sur eran tradicionalmente pastoriles y su actividad principal era la ganadería (cría de llamas y ovinos), sin embargo en las últimas cuatro décadas se transformaron preponderantemente en agrícolas, lo corroboran estudios realizados en comunidades como Chacala, Mañica y Bella Vista (Terceros, 1996).

Ahora bien, adicionando el problema del monocultivo en estas zonas que es un mal uso y abuso de nuestros recursos naturales y en algunos casos sin la implementación de materia orgánica para recuperar la fertilidad del suelo, la deforestación indiscriminada de praderas nativas para habilitar áreas de cultivo, causan cambios muy fuertes, según Terceros (1996) se conoce que hubo un cambio global del clima, pero según comunarios de estas comunidades, a nivel regional el cambio fue más perceptible a mediados de los 90s.

Las percepciones sobre cambios del ambiente se manifiestan en, cambios en el clima (vientos fuertes, falta de lluvias, mayor evaporación del agua, presencia de granizadas, heladas más seguidas y más fuertes, etc.), disponibilidad de agua (reducción de caudal de los ríos, menos ojos de agua).

Estudios realizados por Garcia (2006) sustentan estos resultados, mencionan que el déficit hídrico, se muestra ascendente en la mayor parte de las estaciones debido fundamentalmente a la mayor evapotranspiración y en menor medida al descenso de la precipitación. Este efecto, de prolongarse y mantenerse, podría afectar fuertemente a las áreas productivas de la precipitación.

El auge económico de la quinua, conlleva un costo social y ambiental elevado, no ofreciendo perspectivas serias para las futuras generaciones que quieran cultivar este cereal, por tal razón se debe buscar nuevas alternativas para lograr un cultivo de quinua sostenible, no excediendo en la habilitación de nuevas áreas para el cultivo, deforestando tholares, por el contrario recuperación de la fertilidad del suelo mediante aplicación de abono orgánico, incremento del rendimiento promedio a través de riego deficitario.

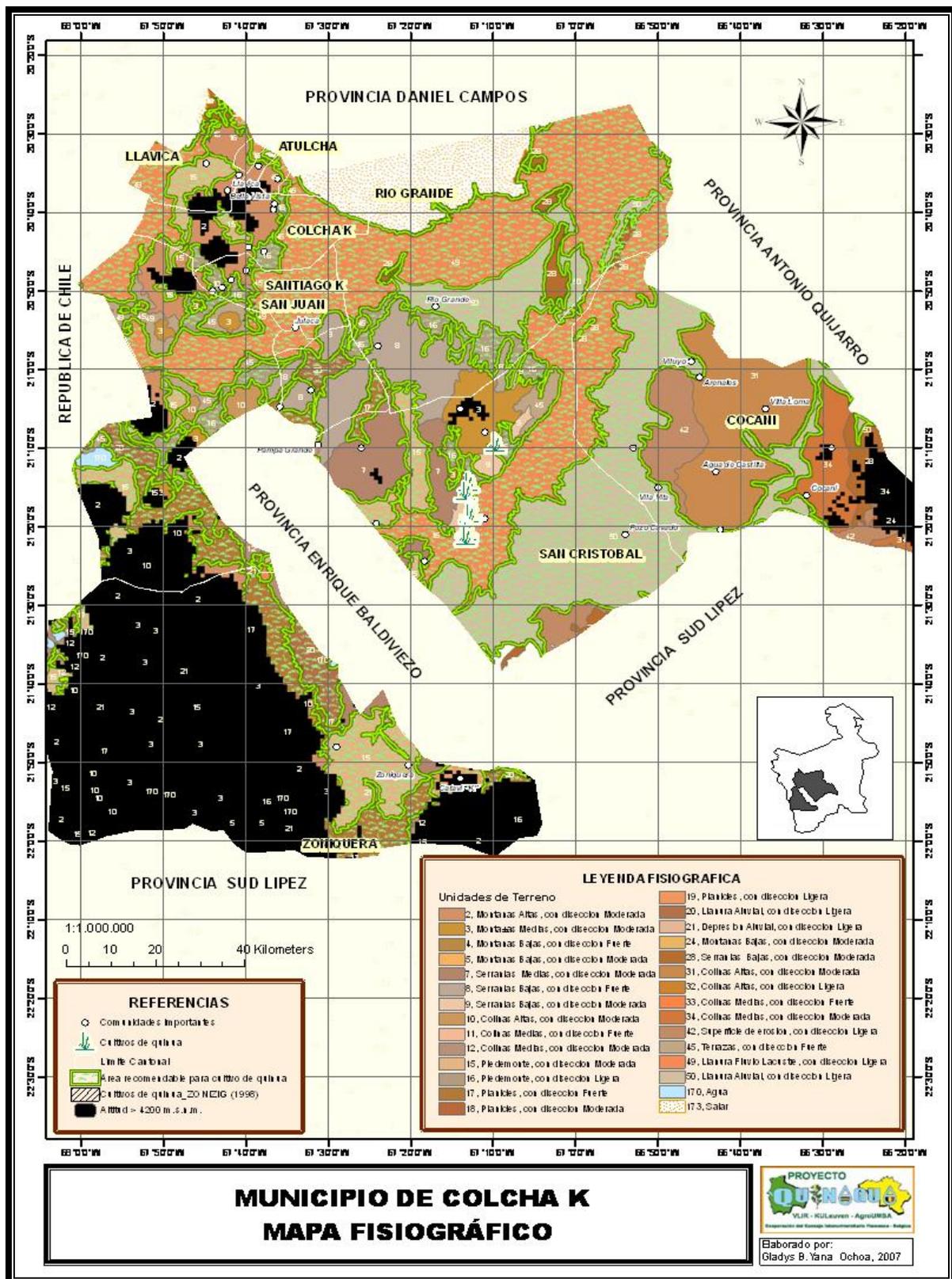


Figura 17. Unidades fisiográficas para cultivar quinua en el municipio de Colcha K

5.1.5 Variedades de quinua en los municipios de estudio

En el municipio de Sica Sica las variedades de quinua que con mayor frecuencia se utilizan son: Sajama, Amarga, Dulce, Chucapaca, Real amarilla, del mismo modo Aliaga (2007) menciona que las variedades más representativas en las comunidades productoras de quinua, en este municipio, son la variedad "Real" siendo denominado con este nombre toda quinua que obtienen de las ferias como semilla, ocupan un segundo lugar las variedades Chucapaca y Koitu.

El mismo autor señala que la variabilidad genética en un alto porcentaje se presenta en la comunidad de Ayamaya, con las variedades Sajama, Real, Chucapaca, Wila Chira, Sayaña, Surumi, Kamiri y Pandela, Otra comunidad con diversidad de variedades es Surcavito con la "Real", Noventon, Sajama, Isla, Koitu y por ultimo Chucapaca.

Algunos comunarios siembran en los sitios de cultivo mezclas de variedades, no importando la clasificación de los granos en el momento de la cosecha siendo un problema para el agricultor porque se dificulta indicar el rendimiento de las variedades. Según el Gobierno Municipal de Sica Sica (1999 -2003), las variedades Sajama y Chucapaca van aumentando en tendencia, mientras que las amargas real y amarilla van disminuyendo.

De manera diferente en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, la variedad principal utilizada es la Real, con una diversidad de ecotipos, los cuales mencionamos a continuación: Toledo, Pisankalla, Real blanca, Pandela Rosada, Achachino, Rosa blanca, Utusaya, entre las más importantes.

Las variedades de quinua real, de acuerdo a sus bondades, son diferenciadas, clasificadas y conservadas (semilla), para muestra de que gran diversidad de variedades se cultivan en esta zona, ya que el mercado, obliga al productor a cultivar la variedad demandada o en muchos casos cultivar la variedad que mejor está adaptada a los factores climáticos.

La fotografía 8, muestra panojas de diferentes variedades de quinua, conservadas en la Comunidad de Irpani del municipio de Salinas de Garci Mendoza.



Fotografía 8. Variedades de quinua real en la Comunidad de Irpani

Para identificar la riqueza varietal de quinua, con la que cuenta el municipio en la fotografía 9, se muestra un Banco de germoplasma de semilla de quinua, también en la Comunidad de Irpani.



Fotografía 9. Banco de germoplasma de quinua real en la (Irpani)

En el Municipio de Llica tenemos como variedades principales a: Blanca Real, Roja, Pisankalla, Toledo, Pandela, Mok'ho, Hiluga, Thimza, Chilpe, Pampino, Michca, Hilo, Conchi, Perita, Tenza, Jacha Jancko, Q'anchi, Puñete, Koito, Koiwi, Chankha, Calani.

Las diferentes variedades de quinua, tienen distinta aplicación, por ejemplo: la variedad Pandela se emplea para preparar phisara (graneado de quinua), Pandela Roja se aprovecha para preparar api, pito y mocuna, la variedad Phisankalla se utiliza para la fabricación de confitados (pipocas) y la variedad Chillpe es utilizada para la preparación de quispiña. (fotografía 10 y 11)



Fotografía 10. Phisara



Fotografía 11. Pipocas de Quinua

De acuerdo con el PEDEL de la Mancomunidad de Los Lípez, (2005 – 2015), las variedades cultivadas son criollas, no existiendo nuevas variedades introducidas.

De manera semejante los productores de quinua, en el Municipio de Colcha K, cultivan varios ecotipos de Quinua Real, aunque la gran mayoría de ellos han optado por las quinuas de coloración blanca, con tecnología ecológica en sujeción a la Norma de Producción Agrícola Orgánica Certificada. Mencionamos variedades como Blanca, Amarilla, Rosado, Rojo, Naranja, Phisankalla, Real, Toledo, Ayrampu, Elva, Criolla, Dorada, Sajama, Huallata, Florentino.

A continuación observamos en el cuadro 19, a variedades de quinua real, con su respectivo rendimiento, diferenciándolo entre el ensayo experimental y ensayo agricultor.

Cuadro 19. Variedades de quinua real y su rendimiento

| Nº | Variedad | Rendimiento kg/ha | |
|----|--------------------|---------------------|-------------------|
| | | Ensayo Experimental | Ensayo agricultor |
| 1 | Maniqueña | 1630 | 650 |
| 2 | Huallata | 1760 | 625 |
| 3 | Toledo | 1630 | 650 |
| 4 | Mok`o Rosado | 1460 | 650 |
| 5 | Tres Hermanos | 2080 | 825 |
| 6 | Kellu | 1860 | 675 |
| 7 | Canchis Anaranjado | 1285 | 600 |
| 8 | Pisankalla | 1130 | 700 |
| 9 | Real Blanca | 1200 | 725 |
| 10 | Pandela Rosada | 1660 | 725 |
| 11 | Perlasa | 1580 | 725 |
| 12 | Achachino | 1430 | 675 |
| 13 | Hilo | 1238 | 775 |
| 14 | Rosa Blanca | 1240 | 775 |
| 15 | Mok`o | 1610 | 800 |
| 16 | Timsa | 950 | 675 |
| 17 | Lipeña | 1310 | 800 |
| 18 | Chillpi Amapola | 1750 | 775 |
| 19 | Chillpi Rosado | 1630 | 775 |
| 20 | Utusaya | 1300 | 700 |
| 21 | Canchis Rosado | 1370 | 600 |

Fuente: Elaboración propia en base a, Aroni *et al.* (2003).

El rendimiento de las diferentes variedades de quinua real, muestra un valor superior obtenido en ensayos experimentales, duplicando y en muchas veces sobrepasando este valor con respecto a los rendimientos obtenidos por el agricultor. A nivel agricultor los rendimientos fluctúan entre 675 a 825 kg/ha y en ensayo experimental de 950 a 2080 kg/ha, estos últimos valores seguramente fruto de consideraciones necesarias para el cultivo, como preparación de suelo, control de plagas, etc., que el agricultor no toma mucho en cuenta.

La variedad Tres Hermanos o también conocida como Siete Hermanos, tiene el mayor rendimiento a nivel experimental y a nivel agricultor, con 2080 y 825 kg/ha respectivamente. Mostrándose como una alternativa para obtener rendimientos satisfactorios en otros lugares de producción, dependiendo de la adaptabilidad al medio.

5.1.6 Georeferenciación de los cultivos de quinua en los Municipios de estudio

En la figura 18, se representa la localización de los cultivos actuales de quinua, en el área de estudio.

Revalidando los datos obtenidos en la zonificación de zonas productoras en los cuatro municipios en el Altiplano central y sur de nuestro país.

Encontramos cultivos de quinua, dentro y fuera del área de estudio, en este caso nuestros municipios elegidos.

Los municipios e Sica Sica, Salinas de Garci Mendoza, Llica y Colcha K, efectivamente son zonas en las cuales se produce el cultivo de quinua, también observamos quinua en los alrededores del Lago Poopó.

En la medida de las posibilidades, se recorrió los cuatro municipios, debido a la amplia extensión del área de estudio.

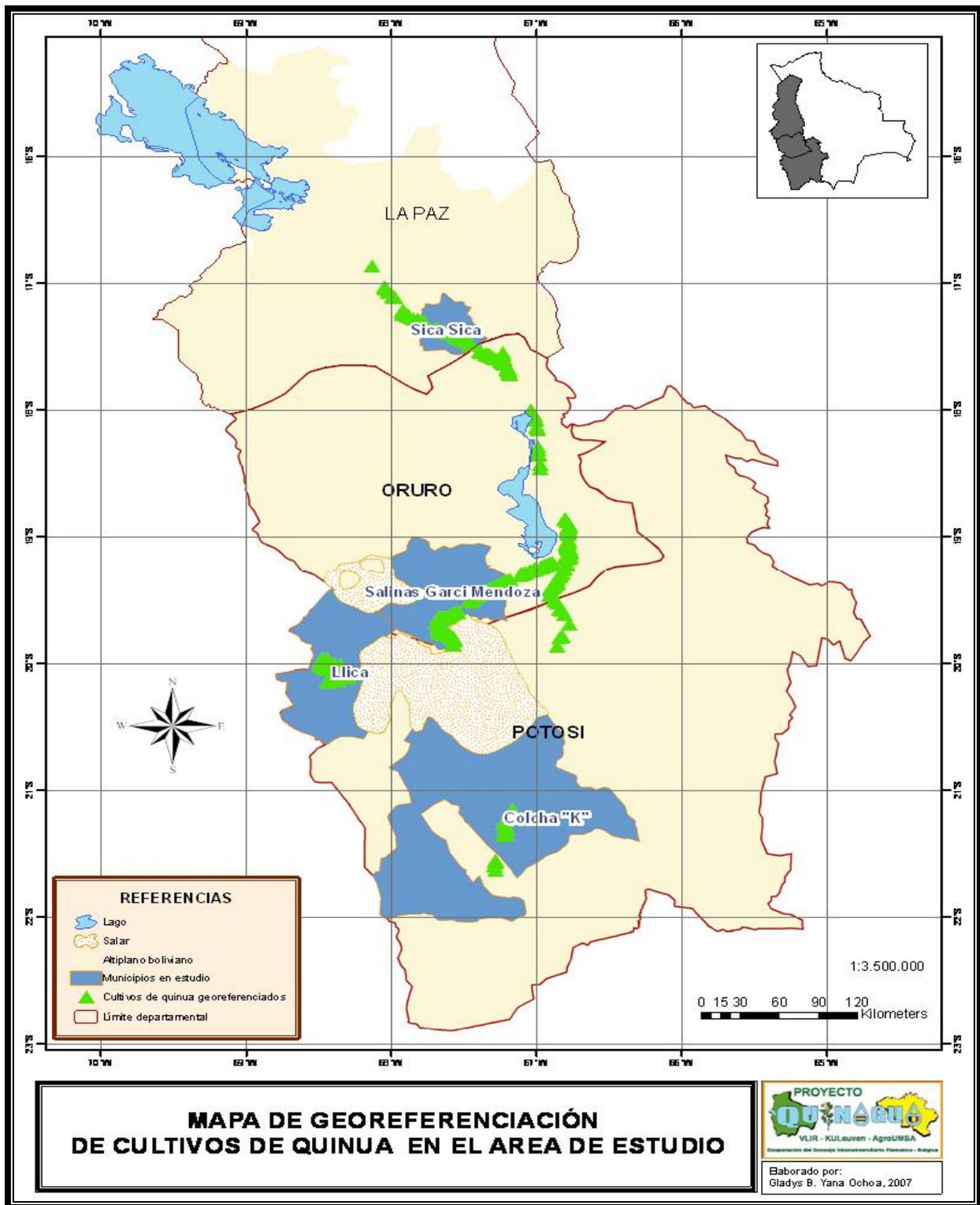


Figura 18. Georeferenciación de cultivos de quinua actuales en el área de estudio

5.2 Zonas Potenciales para la producción de quinua en Altiplano Boliviano con riego deficitario

Se han determinado zonas potenciales para producción de quinua con riego deficitario, en base a las zonas productoras ya identificadas, en los cuatro municipios que integran el área de estudio, en base a valores de superficie cultivada, rendimiento promedio y volumen de producción y las zonas de conveniencia para riego deficitario en el Altiplano boliviano trabajo realizado por Geerts *et. al.* (2006), el cual se basa en el análisis de variables climáticas como ser temperaturas máxima y mínima del aire, temperaturas mínimas y máximas absolutas mensuales, precipitación diaria, evapotranspiración de referencia.

5.2.1 Zonas potenciales para la producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Sica Sica

La zonificación de áreas productoras y potenciales del municipio de Sica Sica, no se pudo concretar, por falta de información, ya que la información base, no detalla datos específicos de la producción de quinua en este municipio. Sin embargo las condiciones agro – climáticas son favorables para la aplicación de riego deficitario en este municipio, ya que se encuentra en una zona aconsejada en la investigación realizada por Geerts *et al.* (2006).

De los resultados reportados en el Municipio de Sica Sica, (Aliaga, 2007), establece que la producción de quinua, esta en segundo lugar, debido a que el productor considera al grano importante para su alimentación y comercialización, pero en este caso pone énfasis a su comercialización, ya que el consumo de la quinua sólo es realizado por parte de los ancianos y no así por los jóvenes y niños. El Municipio considera de mayor importancia la producción de papa y la ganadería por los ingresos mediatos que les proporciona y por seguridad alimentaria que provee estos.

5.2.2 Zonas potenciales para la producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Salinas de Garci Mendoza

De acuerdo con la figura 19, las zonas potenciales para la producción de quinua en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, se encuentran a orillas del Salar de Uyuni, en los cantones de Ucumasi, Aroma, Villa Esperanza, Salinas de Garci Mendoza y Jirira, debido a la elevada importancia económica que tiene éste cultivo para las familias y el nivel de producción en el que se encuentra, convirtiéndose como el único cultivo que resiste las condiciones climáticas adversas en condiciones de producción extensiva.

Ésta zona, es derivada de la sobre posición e intersección de polígonos de zonas potenciales a nivel agronómico y zonas de conveniencia de irrigación deficitaria para la el cultivo de la quinua.

Estos cantones tienen las características agronómicas de superficie cultivada, rendimiento, alternativas, para ser una zona de expansión para el cultivo de la quinua y tomando en cuenta al mismo tiempo que las condiciones agro climáticas favorecen para recomendar el riego deficitario, en estas zonas, al respecto (Mújica *et al.*, 2001b), menciona que el riego, es una de la muchas maneras necesarias para elevar los valores de productividad en zonas con precipitaciones mínimas de 200-250 mm anuales, como es el caso del altiplano Sur Boliviano, zonas denominadas Salinas de Garci Mendoza, Uyuni, Coipasa y áreas aledañas a Llica, desde este punto de vista se debe identificar las comunidades específicas dentro de esta zona potencial para la quinua con riego deficitario en el municipio de Salinas de Garci Mendoza.

Reafirmando lo anterior Cossío (2006), nos indica que, las prácticas de aprovechamiento de escurrimientos superficiales atenúan el riesgo de pérdidas de las cosechas por sequía, al incorporar volúmenes adicionales de agua a las actividades agrícolas.

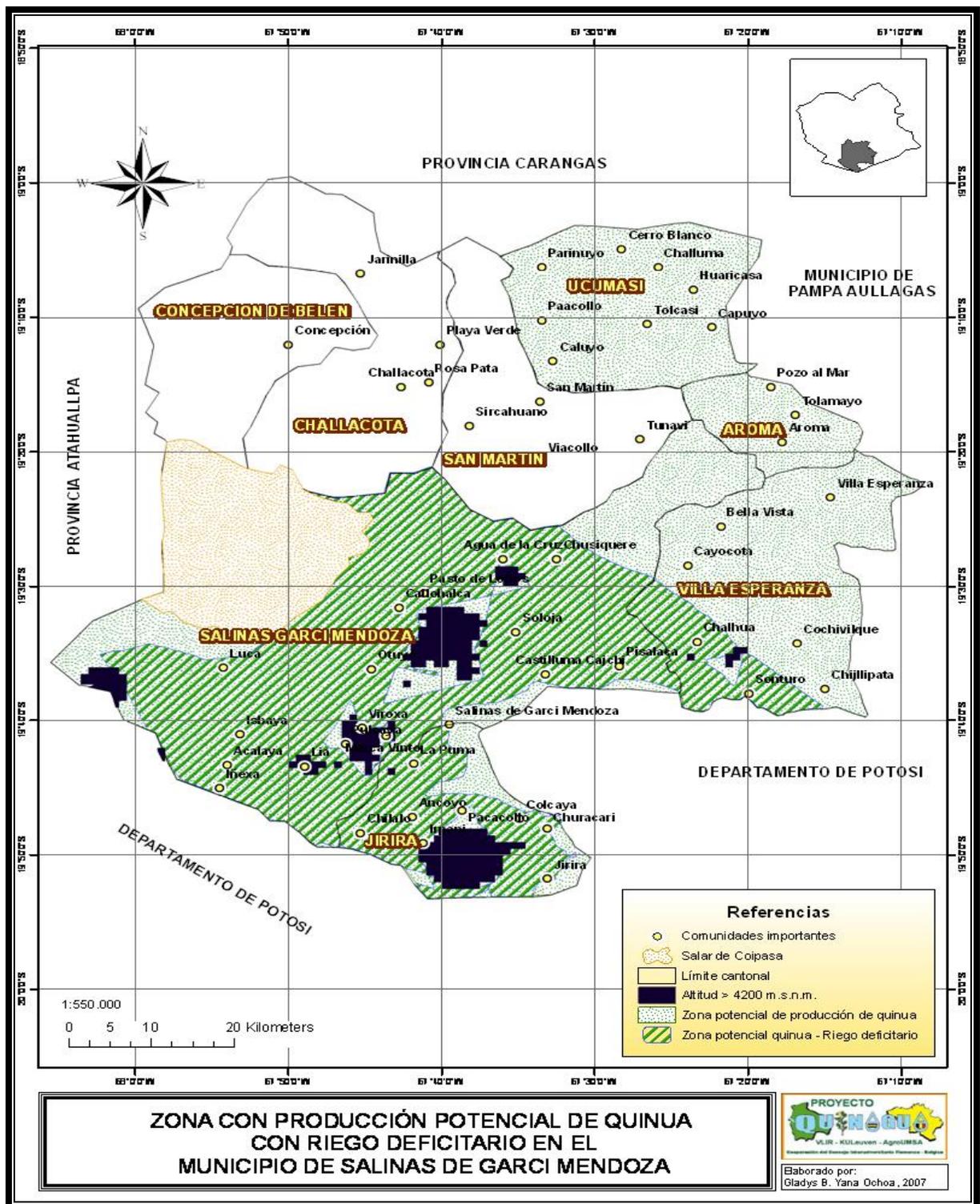


Figura 19. Zonas potenciales de producción de quinua favorables para la aplicación de riego deficitario en el municipio de Salinas de Garcí Mendoza

5.2.3 Zonas potenciales para la producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Llica

Los cantones Chacoma, San Pablo de Napa, Palaya y Tres Cruces, conforman la zona potencial para producción del cultivo de quinua, ya que en estos lugares la importancia económica para el cultivo es sobresaliente, siendo la base para su sustento económico, reflejando esta situación en los resultados anteriormente presentados de superficie cultivada y volumen de producción de quinua. Se puede observar en la figura 20.

Así en el cantón Chacoma, un 100 % de las familias, se dedican a la producción de quinua. Palaya y Chacoma son zonas que se encuentran alrededor de los salares de Uyuni y Coipasa respectivamente, evidenciando nuevamente que las zonas potenciales para producción de quinua se encuentran en gran parte a orillas de los salares. Aunque también existen otras zonas de producción que se encuentran un poco alejados de los salares, ya llegando a la frontera con Chile y Perú (San Pablo de Napa).

Fortaleciendo estos resultados Bloten y Salles (2004), señalan que la rusticidad de la planta ha hecho que la región árida de Llica sean zonas potenciales para cultivo de quinua (Provincia Daniel Campos) y el resto del extremo oeste del departamento (E. Valdivieso, Nor Lípez) sean las zonas con mayor potencial para la producción de quinua; pero también se cultiva, aunque en menor escala, en sectores de las provincias Frías, Saavedra y Linares.

Pero en este caso, la inestabilidad de los factores climáticos, los cuales determinan de manera directa la producción de quinua, hacen que la posibilidad de implementar irrigación deficitaria en ésta zona tenga posiblemente resultados no satisfactorios.

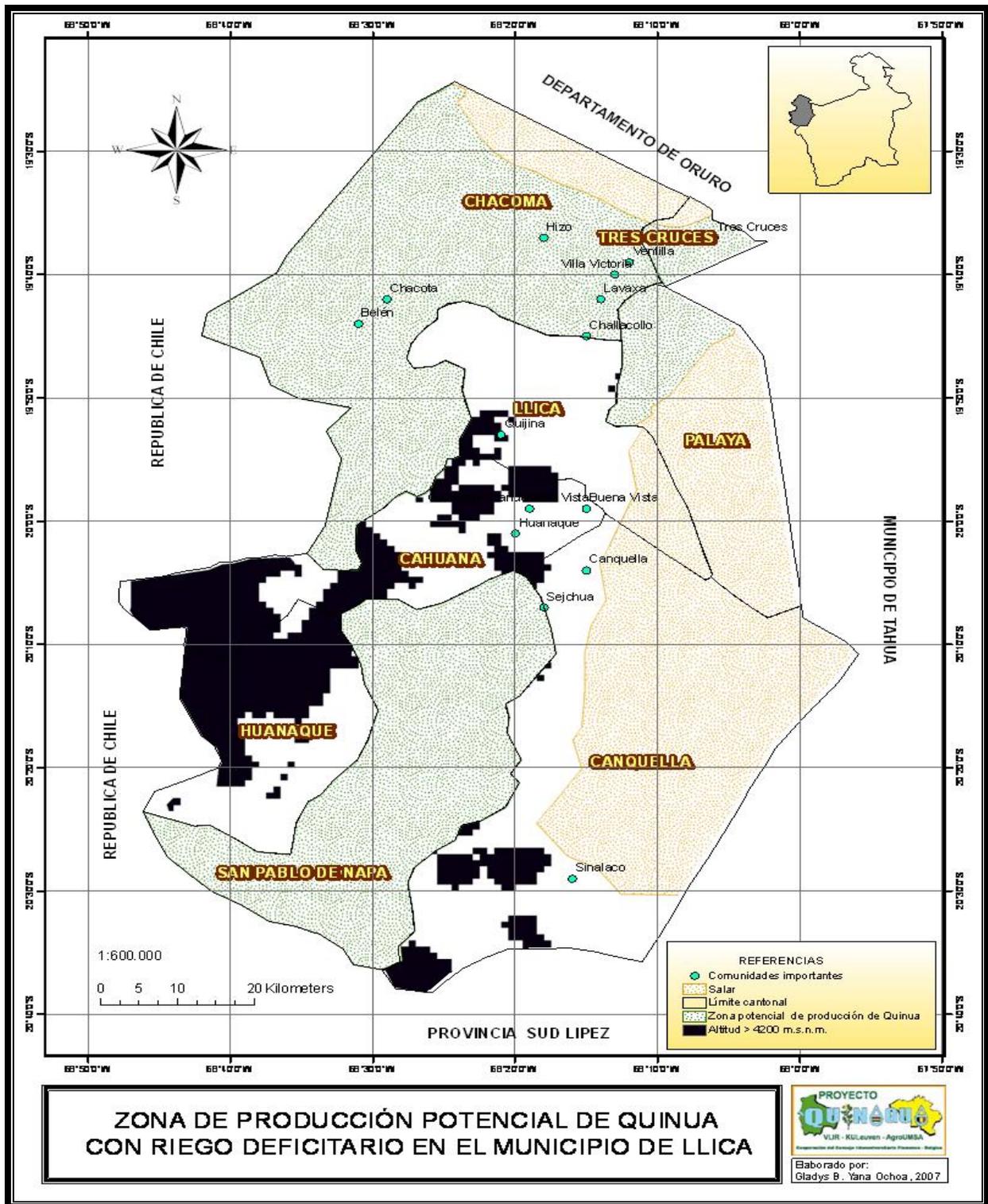


Figura 20. Zonas potenciales de producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Llica

Como se observa en la anterior figura, las zonas potenciales para implementar riego deficitario, para la quinua, en el municipio de Llica, no se visualizan, ya que después de realizada la sobre posición e intersección de las zonas potenciales para producir quinua y las zonas recomendadas para riego deficitario, en plataforma S.I.G., no produjo resultado alguno, ya que es una zona vulnerable para la producción vegetal, el riesgo de helada durante el ciclo de crecimiento es generalmente demasiado elevado para aconsejar irrigación deficitaria, la quinua es cultivada solamente si los riesgos de helada son aceptados por los agricultores o si los riesgos de helada son más bajos debido a las condiciones de micro-clima (Geerts *et al.*, 2006).

Según reflejan los resultados en el municipio de Llica, no es aconsejada la implementación de riego deficitario.

Contradictoriamente a lo anterior Bloten y Salles (2004), indican que en ésta región, los rendimientos en el cultivo de la quinua varían entre 9 qq que corresponde a 450 kg/ha en seco y 16 qq ó 800 kg/ha con regadío. Del mismo modo el PDM del municipio de Llica (2007), cita que en el municipio existe un fuerte potencial para el uso del riego; en la actualidad comunidades como Bella Vista, Belén, Chacoma, Murmuntani, Playa Verde, Huanaque, Pilani, Cantón Cahuana, Cahuana grande, poseen sistemas de riego artesanales.

La utilidad de los sistemas de riego mencionados, posiblemente son para cultivos como el haba y otras hortalizas, cuya producción es destinada para el autoconsumo familiar.

Debido a la escasez de fuentes de agua existentes en ésta zona (expuestos más adelante) y para ser aprovechados de manera eficiente, la aplicación de la irrigación deficitaria representa una valiosa alternativa en la producción de quinua, para reforzar la productividad y los ingresos económicos de las familias, sin la necesidad de recurrir a prácticas que alteren de manera negativa el recurso suelo y se tenga en

lo futuro un impacto ambiental nocivo, para continuar con la producción de la única especie económicamente importante en ésta región.

5.2.4 Zonas potenciales para la producción de quinua con riego deficitario en el municipio de Colcha K

En el municipio de Colcha K, se identificaron zonas con potencial de expansión de la producción del cultivo de quinua, en los cantones de Zoniquera, San Cristóbal, Santiago de Agencha y San Juan del Rosario, la mayoría de ellos ubicados al sur del municipio con excepción de Santiago de Agencha, que se encuentra al norte a riberas del Salar de Uyuni.

Observando la figura 21 y coincidiendo con Aroni y Yucra (2004), se observa que el municipio cuenta con una amplia superficie territorial aún no explotada, apta para el cultivo de quinua, papa, hortalizas. Por otra parte las actividades agrícolas confrontan limitaciones por las condiciones medio ambientales y la quinua al ser un cultivo que se siembra en forma extensiva por esta región, constituye en una de las mas aptas para su cultivo en los suelos vírgenes que no han sido explotados. Respetando áreas con praderas nativas, pastoriles y no exceder en la explotación de las mismas, que a futuro repercutirían de manera negativa al agroecosistema.

También se establece que en el municipio de Colcha K existe una zona identificada y aconsejada para la producción de quinua con riego deficitario, es una zona de extensión reducida, ubicado en el cantón San Cristóbal.

Informes del PDM Colcha K, 2007, revelan que la superficie cultivada a secano casi en su totalidad son destinados a la producción de quinua y lo restante al cultivo de la papa. Las tierras bajo riego generalmente son parcelas destinadas a la producción de hortalizas haba, cebolla, zanahoria, lechuga y escasamente algunas gramíneas como cebada, CECAOT (1997), apoya lo anterior, indicando que la quinua real es un cultivo a secano en el altiplano sur y que las condiciones de humedad son estrictas y limitantes; y las experiencias preliminares que han tenido con relación al uso de agua en el cultivo de quinua, son excelentes.

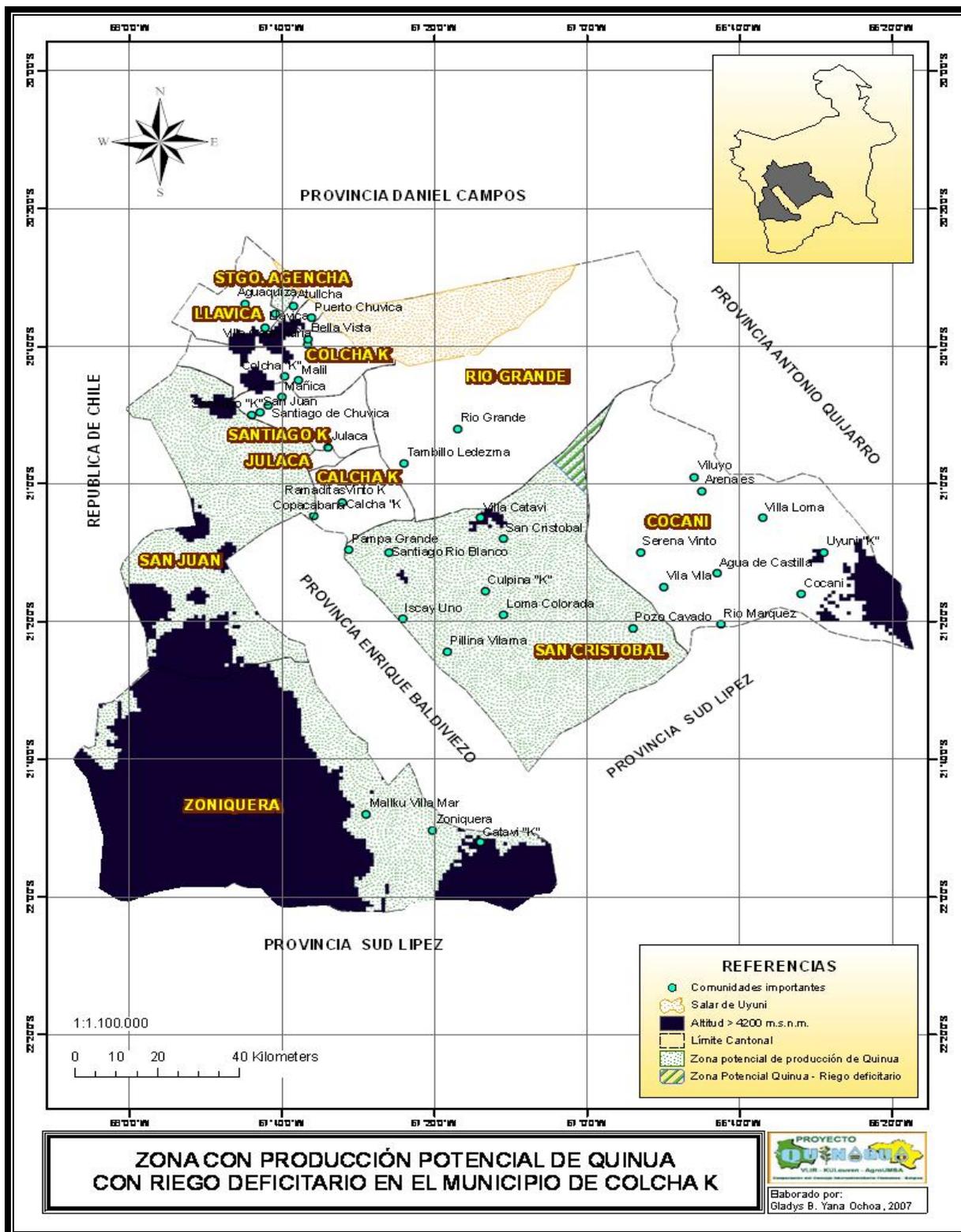


Figura 21. Zona potencial de producción de quinua convenientes para la aplicación de riego deficitario en el municipio de Colcha K

De igual manera el CICDA (2000), indica que la región presenta un alto potencial para el cultivo de la quinua y conjuntamente con las regiones circundantes al Salar de Uyuni es “cuna de la quinua real”, hoy con una fuerte proporción de producción certificada, con alta demanda en los mercados nacionales e internacionales.

Comunidades como Calcha K y Colcha K, poseen vertientes como recursos hídricos, en cantidad significativa y alta calidad. En el resto de las comunidades existe agua pero que es insuficiente tal es el caso de Uchumillis en la comunidad de Chuvica, Chilala en Santiago K y Villa Candelaria.

Otras fuentes de agua identificadas son los pozos perforados y existentes en las comunidades de San Juan, Chuvica, Mañica y Colcha “K”. (CECAOT, 2005). Según estudios realizados por el Centro Internacional de cooperación para el desarrollo agrícola (2000), la región (zona intercalar Llica, Salinas y Tahua), presenta un potencial para el cultivo de la quinua y con las demás regiones circundantes al Salar de Uyuni es “cuna” de la quinua real, hoy con una fuerte proporción de producción certificada biológica, con alta demanda en los mercados nacionales e internacionales. De esta manera, es el cultivo y la actividad económica que recibe mayores recursos (mano de obra, capital y recursos naturales), tecnología e insumos.

5.3 Correlación de las Zonas potenciales de producción de quinua con aplicación de riego deficitario y Recursos Hídricos existentes

5.3.1 Fuentes de agua y su disponibilidad del municipio de Sica Sica

El riego es uno de los principales mecanismos para mitigar el riesgo agrícola e intensificar la producción agropecuaria. Bolivia cuenta con cuatro grandes cuencas hidrográficas: en base a estas cuenta con abundantes recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos (Gandarillas, 1997). Sin embargo, la distribución espacial, altitudinal y la enorme variación hidrológica micro regional tiene un

marcado efecto en el aprovechamiento y gestión eficiente del agua, ya que su utilización está limitada por la dificultad de derivar aguas para el uso agrícola.

Debido a esas dificultades, los recursos hídricos en el país son sub - utilizados, la cobertura de riego es limitada y en consecuencia, no tienen un impacto importante en los volúmenes de producción y en los rendimientos de la actividad agropecuaria nacional. Adicionalmente, la escasa infraestructura de riego no permite neutralizar la vulnerabilidad de los cultivos a factores climatológicos adversos.

En el municipio de Sica Sica, la presente investigación no posibilita una zonificación de áreas productoras y potenciales para el cultivo de quinua, independientemente de esto existe producción de quinua actualmente con relativa importancia, observada en la georeferenciación realizada en campo, de cultivos actuales de quinua de la zona.

En la figura 22, se observa puntos georeferenciados con cultivos de quinua actuales, los cuales pertenecen a comunidades como Ayamaya, Culli Culli, Antipampa, Panduro, Cala Cala, Surcavito, Lahuachaca, etc., de acuerdo a información obtenida en la zona, algunas de estas comunidades formaron cooperativas, para así sembrar quinua en áreas cercanas a la carretera principal, donde se encuentran suelos fértiles para el cultivo, ya que en sus comunidades la mayoría de ellas no siembran quinua, por ser pedregosos e infértiles.

Así también la posibilidad de implementar riego deficitario en el municipio existe, basado en los resultados que se obtuvieron con la sobre posición de las zonas de conveniencia para riego deficitario en el altiplano boliviano realizado por Geerts *et al.*, (2006) (Anexo N° 6 y 7) y los municipios en estudio y la existencia de fuentes de agua utilizadas para riego. Las principales fuentes de agua presentes en la zona son las vertientes y las venas subterráneas de agua. Ambas son usadas para el consumo humano, de los animales y en el riego.

5.3.1.1 Recursos hídricos superficiales en el municipio de Sica Sica

Ríos y quebradas, muestra la figura 22, recursos que pueden ser utilizados para riego alternativo en el cultivo de quinua. Se puede observar estos recursos tanto en la planicie como en la serranía identificadas en la imagen satelital y de acuerdo a su disponibilidad y calidad de agua sean aprovechados para riego.

Se observa en el cuadro 20, las vertientes más importantes, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo a sus características de calidad y caudal de agua de información acerca de todo el municipio (Anexo N° 8). Estos valores reflejan que las vertientes tienen un caudal entre 3 a 20 l/s, y de 2 a 5 ojos de agua, información que pueden ser aprovechada previa evaluación, en la aplicación de sistemas de riego.

Cuadro 20. Vertientes más importantes y su calidad de agua, en el municipio de Sica Sica

| Nº | Comunidad | Nombre | Características | Caudal l/s | Calidad del agua | |
|----|---------------------|------------------|-----------------|------------|------------------|-------|
| | | | | | Potable | Riego |
| 1 | Stgo. Hiruyo | Lomitas | 3 ojos de agua | 15 a 20 | | X |
| 2 | Cala Cala (Pujravi) | Calicanto | 5 ojos de agua | 3 a 5 | X | X |
| 3 | Millo | Puru puruni | 3 ojos de agua | 5 a 8 | X | X |
| 4 | Villa Caiconi | Villa Caiconi | 2 ojos de agua | 5 a 8 | X | X |
| 5 | Culli Culli Alto | Culli Culli Alto | 3 ojos de agua | 8 a 10 | | X |
| 6 | Capunuta | Mullipuncu | 3 ojos de agua | 8 a 10 | | X |
| 7 | Chuacollo grande | Chuquisilláni | 3 ojos de agua | 5 a 8 | X | X |

Fuente: PDM municipio de Sica Sica, 1999 – 2003

Se muestra en el cuadro 21 los ríos con importancia para irrigación del municipio de Sica Sica, pueden acceder a ellos de manera permanente o temporal, de acuerdo a su disponibilidad entre los meses de diciembre a mayo (época de lluvia). Información que facilita la planificación de proyectos de riego. Esta información no cuenta con registros de caudales, talvez por falta de estudios realizados a detalle y específicos en características fundamentales para irrigación y surge como una necesidad realizarlos, para aprovechamiento con fines de desarrollo de la población de este municipio. Talvez con la colaboración del SENAMHI (Servicio nacional de meteorología) se puede subsanar la falta de algunos datos.

Cuadro 21. Ríos , disponibilidad y calidad de agua, del municipio de Sica Sica

| N° | Comunidad | Nombre del río | Disponibilidad | | Calidad del agua |
|----|--------------------|----------------|----------------|------------|------------------|
| | | | Temporal | Permanente | Riego |
| 1 | Ayamaya | Desaguadero | | X | X |
| 2 | Milla Milla | Desaguadero | | X | X |
| 3 | Tarujamarca | Desaguadero | | X | X |
| 4 | Churil langa | Keto | | X | X |
| 5 | Bajo Chijmuni | Keto | Dic-Mayo | | X |
| 6 | Centro Chijmuni | Keto | Dic-Mayo | | X |
| 7 | Chilligua | Keto | Dic-Mayo | | X |
| 8 | Piquiñani | Keto | Dic-Mayo | | X |
| 9 | Stgo. Sora Sora | Keto | Dic-Mayo | | X |
| 10 | Iru norte | Keto | Dic-Mayo | | X |
| 11 | Huchusuma | Mullipunku | Ene-Abril | | X |
| 12 | Capunuta | Mullipunku | Ene-Abril | | X |
| 13 | Collana | Mullipunku | Ene-Abril | | X |
| 14 | CulliCulli Alto | Mullipunku | Ene-Abril | | X |
| 15 | Culli Culli Bajo | Mullipunku | Ene-Abril | | X |
| 16 | Aroma | Jaruma | Ene-Abril | | X |
| 17 | Santari | Jaruma | Ene-Abril | | X |
| 18 | Collpa Pucho Belén | Jaruma | | X | X |
| 19 | Centro belén | Jaruma | Ene-Abril | | X |
| 20 | Llojlla Chico | Jaruma | Ene-Abril | | X |
| 21 | Llojlla Grande | Jaruma | Ene-Abril | | X |
| 22 | Machacamarca | Jaruma | Ene-Abril | | X |
| 23 | Ayzacollo | Konani | Ene-Abril | | X |
| 24 | Cala Cala | Konani | Ene-Abril | | X |
| 25 | Huanocollo | Konani | Ene-Abril | | X |
| 26 | Alto Collana | Konani | Ene-Abril | | X |
| 27 | Villa Toloma | Konani | Ene-Abril | | X |
| 28 | Antipampa | Huaraco | Ene-Abril | | X |
| 29 | Huaraco | Huaraco | Ene-Abril | | X |
| 30 | Chuacollo Grande | Lejre | | X | X |
| 31 | Chuacollo Chico | Lejre | | X | X |
| 32 | Laquiraya | Cullpa Jawira | | X | X |
| 33 | Achayapu | Huanuni | Ene-Abril | | X |

Fuente: PDM municipio de Sica Sica, 1999 – 2003

Al observar anteriormente la figura 22, identificamos algunos de los ríos y vertientes citados, y de acuerdo con la figura, se encuentran cercanos a los cultivos de quinua georeferenciados en campo. Este panorama se convierte en una excelente alternativa para el riego deficitario, pero en este caso como el municipio deja en un segundo plano, desde un punto de vista económico al cultivo de la quinua, no se toma con gran importancia.

A futuro tal vez las extensas áreas que sirven actualmente para el pastoreo de ganado cuyo abono favorece a los suelos, sean a futuro zonas potenciales al cultivo de quinua, al respecto reportes de UAPSE (2004), dicen que en ésta zona, el promedio de 67.85 % de la superficie (64229 hectáreas) son destinados para el pastoreo de ganado camélido, bovino y ovino, debido a que en las pampas se desarrollan variados pastos nativos como la thola() y la muña, que implica gran producción de materia vegetal.

Según entrevistas y sondeos con el agricultor estos suelos que son para el pastoreo son tierras en descanso y fertilizados por el ganado se convertirían en suelos aptos para el cultivo de quinua.

Todas las comunidades que cuentan, fuentes de agua, ya sean ríos y/o vertientes, se muestran de manera más objetiva a continuación en la figura 23.

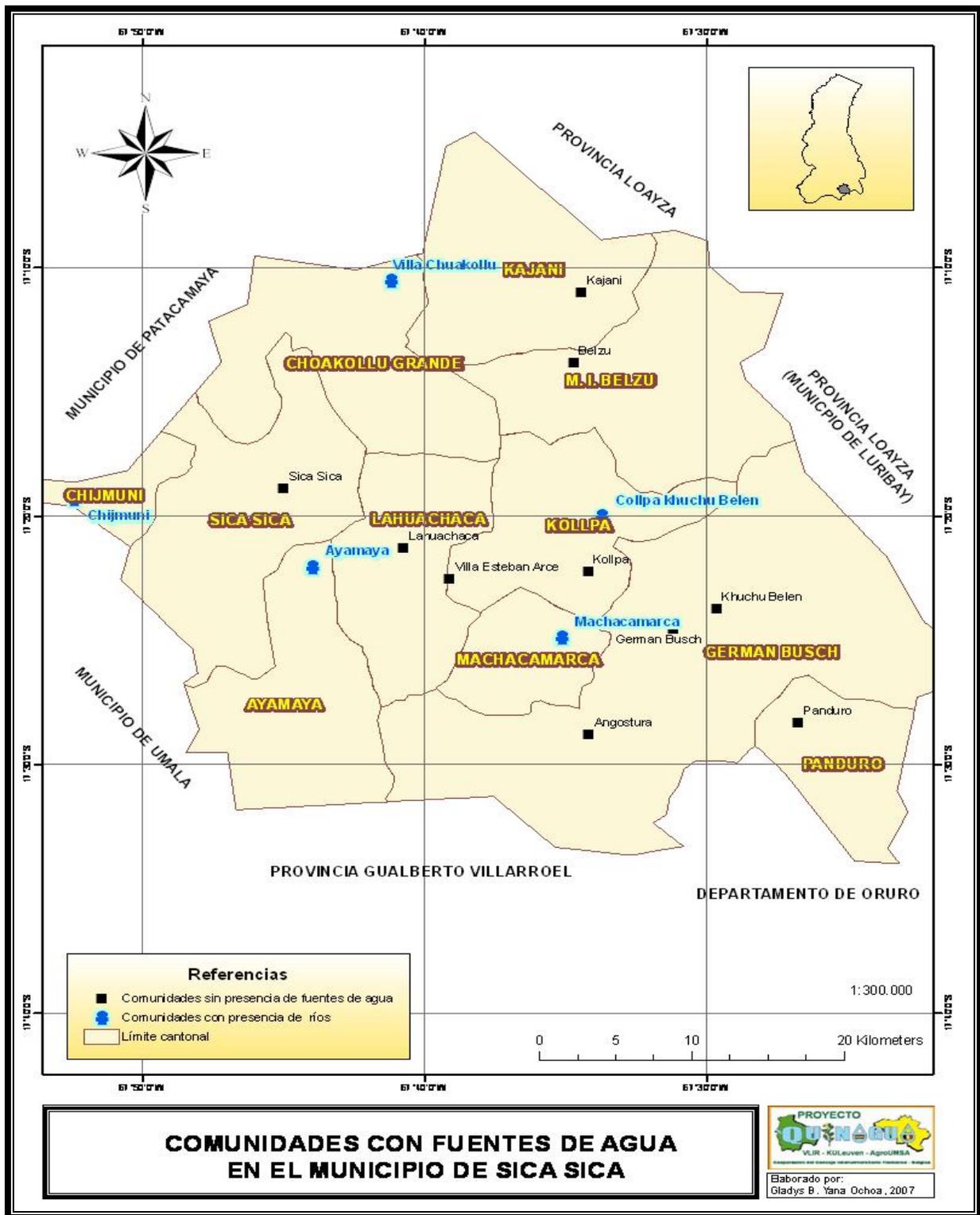


Figura 23. Comunidades que cuentan con fuentes de agua en el Municipio de Sica Sica

5.3.1.2 Recursos hídricos subterráneos en el municipio de Sica Sica

En la provincia Aroma, existe una treintena de pozos que aprovechan aguas subterráneas para el consumo humano y para el riego. Estudios realizados sobre la calidad de los acuíferos muestran una zonificación, la región norte tiene aguas de buena calidad, la región central muestra incremento en la salinidad y en las proximidades del río Desaguadero se observa un mayor incremento de salinidad (Montes de Oca, 2005).

Para el municipio de Sica Sica se obtuvieron datos de perforación de pozos brindados y realizados por JICA, en el cuadro 22 se detallan estos datos, las comunidades, la profundidad y el caudal que presentan.

Cabe resaltar que estas perforaciones, son realizadas por demanda de las comunidades y son destinadas al consumo humano, pero se menciona que existe 2 perforaciones de pozos manuales en la comunidad de Ayamaya destinadas a la irrigación.

Cuadro 22. Comunidades con perforación de pozos de agua, en el municipio de Sica Sica

| Comunidad localidad | Provincia | Municipio | Profundidad de perforación (m) | Caudal (l/s) | Observación |
|---------------------|-----------|-----------|--------------------------------|--------------|------------------------------------------|
| Vilaque | Aroma | Sica Sica | 85,1 | 12,20 | Todos los pozos agua para consumo humano |
| Konani | Aroma | Sica Sica | 85 | 4,43 | |
| Culli Culli Alto | Aroma | Sica Sica | 61 | 6,98 | |
| Lahuachaca | Aroma | Sica Sica | 70 | 3,4 | |
| Sica Sica (Maca) | Aroma | Sica Sica | 61 | 0,25 | |
| Milla Milla | Aroma | Sica Sica | 55 | 2,50 | |
| Culli Culli Bajo | Aroma | Sica Sica | 60 | 5,00 | |
| Conchamarka | Aroma | Sica Sica | 52 | 10 | |
| Kollohuma | Aroma | Sica Sica | 70 | 3,4 | |

* 2 perforaciones de pozos manuales en la comunidad de Ayamaya del municipio de Sica Sica, ambos son para riego.

Fuente: JICA, 2007.

Se debe tener en cuenta, que si bien el municipio cuenta con fuentes de agua subterráneos, se debe evaluar económica y socialmente la posible utilización de los mismos, para fines de riego, ya que todos los pozos de agua son destinados al consumo humano.

5.3.2 Fuentes de agua y su disponibilidad en el municipio de Salinas de Garci Mendoza

En la figura 24, se identifica la zona potencial en la cual se puede cultivar quinua con irrigación deficitaria, juntamente con los recursos hídricos superficiales con los que se puede contar en el municipio de Salinas de Garci Mendoza. No se encontraron registros de fuentes de agua reconocidas por el municipio, para uso agrícola, la información ofrecida en el Plan de Desarrollo Municipal no detalla tal situación.

El recorrido en campo, advierte que existen fuentes de agua utilizadas para consumo humano y riego como se observa en las fotografías 12 y 13, ya que se observaron canales de riego en algunas de las poblaciones, también se realizó la georeferenciación de ríos y pozos existentes (figura 24), con los cuales se podría llegar a hacer riego al cultivo de la quinua, siempre y cuando las condiciones necesarias en las fuentes de agua sean las convenientes (caudal, salinidad, ph, etc.)y exista la predisposición y el interés de los productores para utilizar el agua para riego de la quinua, ya que lo utilizan para otros cultivos.

Gandarillas (1997), con respecto al riego en el Altiplano Boliviano señala que, los sistemas de riego existentes benefician principalmente al sector agropecuario tradicional, ubicado en el Altiplano y los Valles Interandinos, siendo estas regiones las que presentan déficit generalizados de recursos hídricos. Sin embargo, la mayoría de los sistemas son antiguos, utilizan el agua de manera ineficiente ya que el riego se realiza por inundación y gravedad, provocando el lavado y compactación de los suelos.



Fotografía 12. Río, Comunidad de Saitoco



Fotografía 13. Estanque, Comunidad de Paco Kollo

Salinas de Garci Mendoza, se convierte en una zona netamente potencial par el cultivo de quinua, ya que después de la evaluación tanto de variables superficie cultivable, rendimiento y volumen de producción, como de las agro climáticas, dan como resultado un área identificada recomendada para la producción de quinua con riego deficitario, los productores cuentan con tecnología ya avanzada (fotografía 14), la cual les facilita el trabajo esforzado de campo y a la vez incentiva a utilizar con mayor intensidad el recurso suelo para una producción intensiva de quinua, convirtiendo a ésta zona en una de las más importantes productoras del país, pero paralelamente se presenta el deterioro del recurso suelo, que repercute en todo el proceso agrícola.

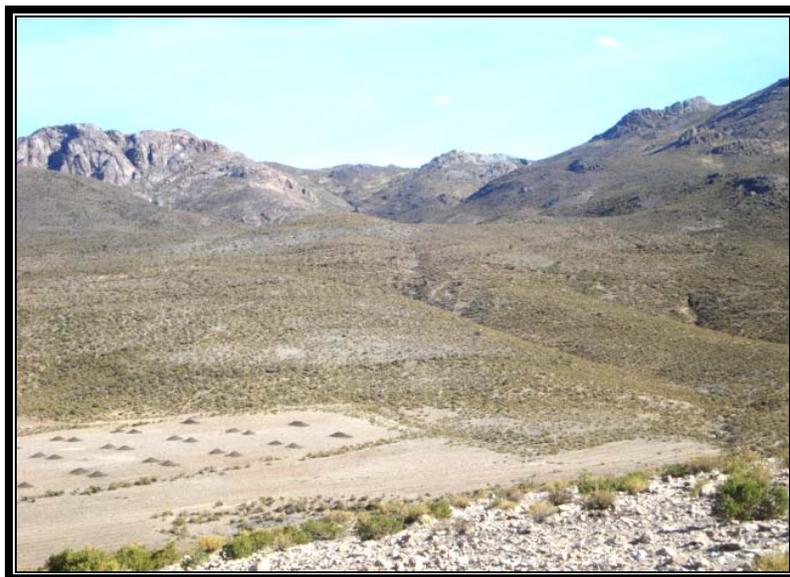


Fotografía 14. Parcela de quinua en descanso y sembradora (Salinas Garci Mendoza)

Una opción alternativa surge, para minimizar de algún modo el impacto ambiental que provoca el monocultivo y el abuso del recurso suelo, que han dejado como resultado actualmente áreas improductivas, alternativa que trata de utilizar el riego deficitario para elevar la productividad de éste único cultivo económicamente factible para la zona, utilizando de manera racional los escasos recursos hídricos existentes, los cuales a través de investigaciones futuras deben ser identificados y evaluados.

La falta de información específica, de los recursos hídricos utilizables para irrigación, se convierte en un obstáculo más, para la ejecución de ésta práctica recomendada para el cultivo del “grano de oro de los andes”. Puede ser que tal información exista, pero la no difusión de la misma, por diferentes razones, imposibilita más el trabajo, que se realiza con fines de desarrollo para nuestro altiplano ya bastante debilitado.

La posibilidad de expansión de la superficie cultivada de quinua, en el municipio de Salinas, se halla en las inmensas extensiones de thola que son indicadores de fertilidad para la quinua y las encontramos en el recorrido en campo, la gran mayoría de los actuales cultivos se encuentran en la planicie y en pie de monte, anteriormente áreas pobladas con ésta especie. Evitando por supuesto la indiscriminada habilitación de estas áreas que repercutiría en elevar el efecto del cambio climático que vivimos actualmente.



Fotografía 15. Parcelas de quinua cosechadas y tholares alrededor

5.3.2.1 Recursos hídricos subterráneos en el municipio de Salinas de Garci Mendoza

Como anteriormente se explicaba, este municipio cuenta con fuentes de agua subterráneas, las cuales no están detalladas en el Plan de Desarrollo del Municipio, pero gracias a estudios realizados por JICA, en diferentes comunidades, se muestra en el cuadro 23, los pozos perforados que existen y características como profundidad y caudal.

Cuadro 23. Comunidades con perforación de pozos de agua, en el municipio de Salinas de Garci Mendoza

| Comunidad/localidad | Provincia | Profundidad | Caudal | Observación |
|---------------------|------------------|-------------|--------|-------------------|
| Ucumasi | Ladislao Cabrera | 51,5 | 0,51 | Agua para consumo |
| Buena Vista I | Ladislao Cabrera | 53,0 | ** | Poco caudal |
| Buena Vista II | Ladislao Cabrera | 42,5 | ** | Poco caudal |
| Lupuyo | Ladislao Cabrera | 43,0 | 2,95 | Agua para consumo |
| Coipasa | Ladislao Cabrera | 40,0 | ** | Agua salada |
| San Martín | Ladislao Cabrera | 70,0 | 10,11 | Agua para consumo |

Fuente: JICA, 2007

De acuerdo a lo anterior, se resalta que la utilidad de estas aguas subterráneas, es para el consumo humano. Por la importancia que representa para la población, disminuye la posibilidad de usar estos recursos para irrigación, incluso se podría pensar en excluirlos y prestar más atención a fuentes de agua superficiales. Estas aseveraciones podrán ser más claramente propuestas, con futuras investigaciones sobre inventariación de los recursos hídricos existentes con fines de aplicación de riego.

5.3.3 Fuentes de agua y su disponibilidad del municipio de Llica

Más de la mitad de la población humana vive en países con grados variables de escasez de agua. Esta escasez puede ser física o económica, en el país no se puede permitir el desarrollo de recursos hídricos adicionales o puede ser debida a falta de capacidad social de adaptación. Además, el impacto del cambio climático,

cuyos efectos son en general desconocidos, es probable que contribuya a que la escasez de agua en algunos países sea aún más grave, (FAO, 2003).

Tales afirmaciones, hacen que despierte una conmoción en la utilización de las fuentes de agua de forma eficiente.

Al igual que los municipios anteriormente analizados, la presencia de recursos hídricos superficiales para riego en el municipio de Llica, determinan un factor importante, para el desarrollo de la agricultura de ésta región, pero contradictoriamente los factores climáticos son adversos, como temperaturas bajas, escasa precipitación, presencia de heladas, etc., reflejado en la figura 25 y en el Anexo N° 7, donde no se identifica una zona potencial para la producción de quinua con aplicación de riego deficitario.

Ésta situación limita, la oportunidad de lidiar contra los perjuicios producidos y su incremento en éste ecosistema ya tan debilitado.

5.3.3.1 Recursos hídricos superficiales en el municipio de Llica

Identificadas en el cuadro 24 y figura 25, se tiene las consideradas importantes utilizadas para riego y/o para consumo humano, y las comunidades a las cuales favorecen.

Del mismo modo se observa, datos sobre distancias de la fuente de agua con respecto a la comunidad, factor importante para una futura planificación en caso de implementar riego, ya que el trabajo de trasladar el agua hasta las parcelas, incrementa más la mano de obra e insumos y por consiguiente los costos de producción

Cuadro 24. Vertientes importantes para la utilización de riego en el municipio de Llica

| Nº | Comunidad | Nombre | Disponibilidad | Forma de uso | | De la fuente a la comunidad (m) |
|----|-----------------|-----------------------|----------------|--------------|-------|---------------------------------|
| | | | Permanente | Potable | Riego | |
| 1 | Río San Antonio | Vertiente Tustai | X | X | X | 1000 |
| 2 | Pilani | Vertiente Titiphujo | X | X | X | 200 |
| 3 | Pilani | Vertiente Huaylajo | X | X | X | 100 |
| 4 | Pilani | Vertiente Castilluma | X | - | - | 1000 |
| 5 | Peña Blanca | Vertiente Vacuma | X | | | 5000 |
| 6 | Pella | Vertiente Pella | X | X | X | 500 |
| 7 | Palaya | Vertiente Ulaxa | X | X | X | 1000 |
| 8 | Miraflores | Vertiente Chaukela | X | X | | 0.3 |
| 9 | Miraflores | Vertiente Usabala | X | X | | 3000 |
| 10 | Leviscota | Vertiente Sajama | X | X | | 5000 |
| 11 | Leviscota | Vertiente Phullujere | X | X | | 5000 |
| 12 | Leviscota | Vertiente Jalsuri | X | X | | 5000 |
| 13 | Leviscota | Maguana Leviscota | X | X | | 5000 |
| 14 | Huanaque | Vertiente Viscachini | X | | X | 150 |
| 15 | Huanaque | Vertiente Villque Uyu | X | | X | 300 |
| 16 | Huanaque | Vertiente Trapichi | X | | X | 1000 |
| 17 | Huanaque | Vertiente Toldoxa | X | | X | 1300 |
| 18 | Huanaque | Vertiente Ramos K'awa | X | | X | 300 |
| 19 | Huanaque | Vertiente Pilani | X | | X | 1200 |
| 20 | Huanaque | Vertiente Miraflores | X | | X | 500 |
| 21 | Huanaque | Vertiente Custa | X | | X | 400 |
| 22 | Chiarcollo | Vertiente Chijtauma | X | X | | 2000 |
| 23 | Chiarcollo | Vertiente Chiarcollo | X | X | | 2000 |
| 24 | Canquella | Vertiente Humapampa | X | X | X | 300 |
| 25 | Cahuana Grande | Vertiente Jalsury | X | X | X | 600 |
| 26 | Cahuana Grande | Vertiente Ejteltkima | X | | X | 1800 |
| 27 | Cahuana | Vertiente Warasiña | X | | X | 2000 |
| 28 | Cahuana | Vertiente Walasquima | X | | X | 2000 |
| 29 | Cahuana | Vertiente Quañuani | X | | X | 2000 |
| 30 | Cahuana | Vertiente Agua Grande | X | | X | 2500 |
| 31 | Buena Vista | Vertiente tres Sauces | X | X | X | 300 |
| 32 | Buena Vista | Vertiente Taypiuma | X | X | X | 600 |
| 33 | Buena Vista | Vertiente Patauma | X | | X | 800 |
| 34 | Bella vista | Vertiente Uta obagua | X | | | 500 |
| 35 | Bella vista | Vertiente Tepa | X | | X | 4000 |
| 36 | Bella vista | Vertiente Sevadilla | X | | X | 4000 |
| 37 | Belén y Chacoma | Vertiente Chuñuchuñu | X | | X | 4000 |
| 38 | Belén | Vertiente Phiyahuma | X | | X | 3000 |

Fuente: PDM del municipio de Llica, 2007

Como ejemplo se presenta, en la fotografía 16, una de vertiente en el municipio, que es utilizado para fines de riego.



Fotografía 16. Vertiente aprovechada para riego (Municipio de Llica)

Existen comunidades del municipio de Llica, que cuentan con ríos que pueden ser utilizadas en beneficio de la agricultura, observamos en el cuadro 25.

Cuadro 25. Ríos con importancia para la aplicación de riego en comunidades del municipio de Llica

| Nº | Comunidad | Nombre | Disponibilidad | Forma de uso | | De la fuente a la comunidad (m) |
|----|-------------|----------------|----------------|--------------|-------|---------------------------------|
| | | | Permanente | Potable | Riego | |
| 1 | Playa verde | Río Sacaya | X | X | X | 1000 |
| 2 | Pilani | Río Tojsajza | X | X | X | 500 |
| 3 | Pilani | Río Catillumá | X | | | 1000 |
| 4 | Pilani | Río Augusta | X | X | X | 600 |
| 5 | Miraflores | Río Chulluuma | X | | X | 2000 |
| 6 | Cahuana | Río Kollpa "K" | X | | | 200 |
| 7 | Bella Vista | Río Cancosa | X | | | 800 |
| 8 | Belén | Río Vacuyo | X | | X | 4000 |
| 9 | Belén | Río Blanco | X | | | 4000 |
| 10 | Belén | Río Blanco | X | | | 4000 |

Fuente: PDM del municipio de Llica, 2007

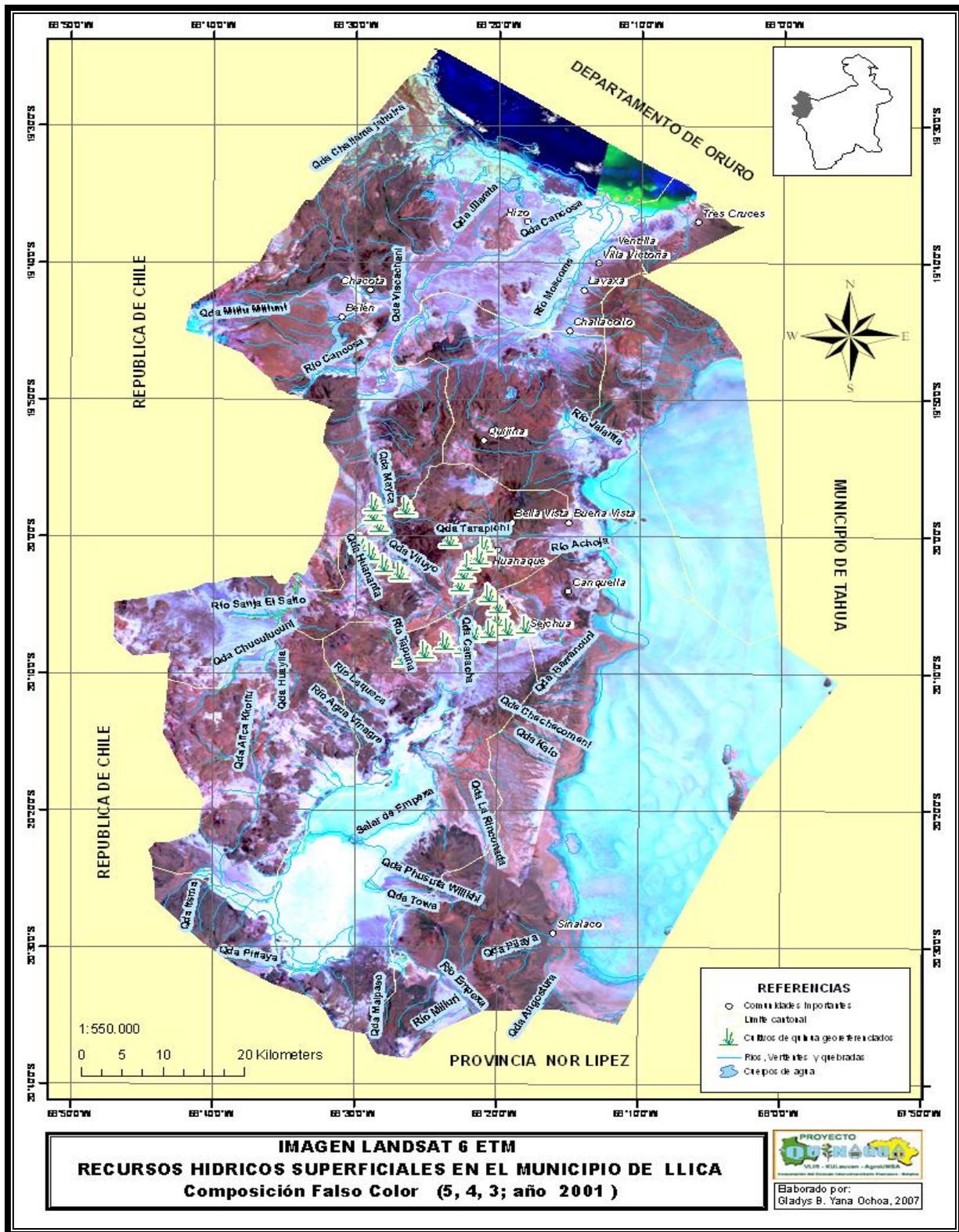


Figura 25. Recursos hídricos superficiales en el municipio de Llica.

Los datos fueron anteriormente presentados fueron ordenados y seleccionados, presentados en el Plan de Desarrollo Municipal de Llica. (Anexo N° 8).

A continuación se divisan, las comunidades identificadas que poseen fuentes de agua en el municipio de Llica, río y/o vertientes, (figura 26).

Vale la pena mencionar que exista otras comunidades favorecidas con fuentes de agua, que aún no cuenten con la identificación de los mismos.

Registros acerca de aguas subterráneas, no se lograron hallar para este municipio, ni en el Plan de Desarrollo Municipal, ni en instituciones afines al rubro como por ejemplo JICA (Bolivia). Es necesario la inventariación de estos recursos, para evaluar sus características con fines de riego.

En definitiva, se puede decir que por razones climáticas adversas no se recomienda realizar prácticas de riego deficitario, en el municipio de Llica, ya que el riesgo de heladas es muy elevado, probablemente el análisis de otros parámetros atmosféricos, puedan dar un resultado satisfactorio para pensar en la aplicación de riego en la quinua, en ésta zona que tiene un alto potencial para la producción de este producto.

5.3.4 Fuentes de agua y su disponibilidad del municipio de Colcha K

Colcha K, tiene una zona identificada para incrementar la producción de quinua, pero una superficie pequeña producir quinua con aplicación del riego deficitario, posiblemente estudios futuros determinen o no la aplicación de riego en zonas como el municipio de Colcha K, que sufren los riesgos que traen las condiciones climáticas desfavorables para una agricultura sostenible en el espacio y tiempo.

Ahora se pasa a detallar las fuentes de agua existente en este municipio.

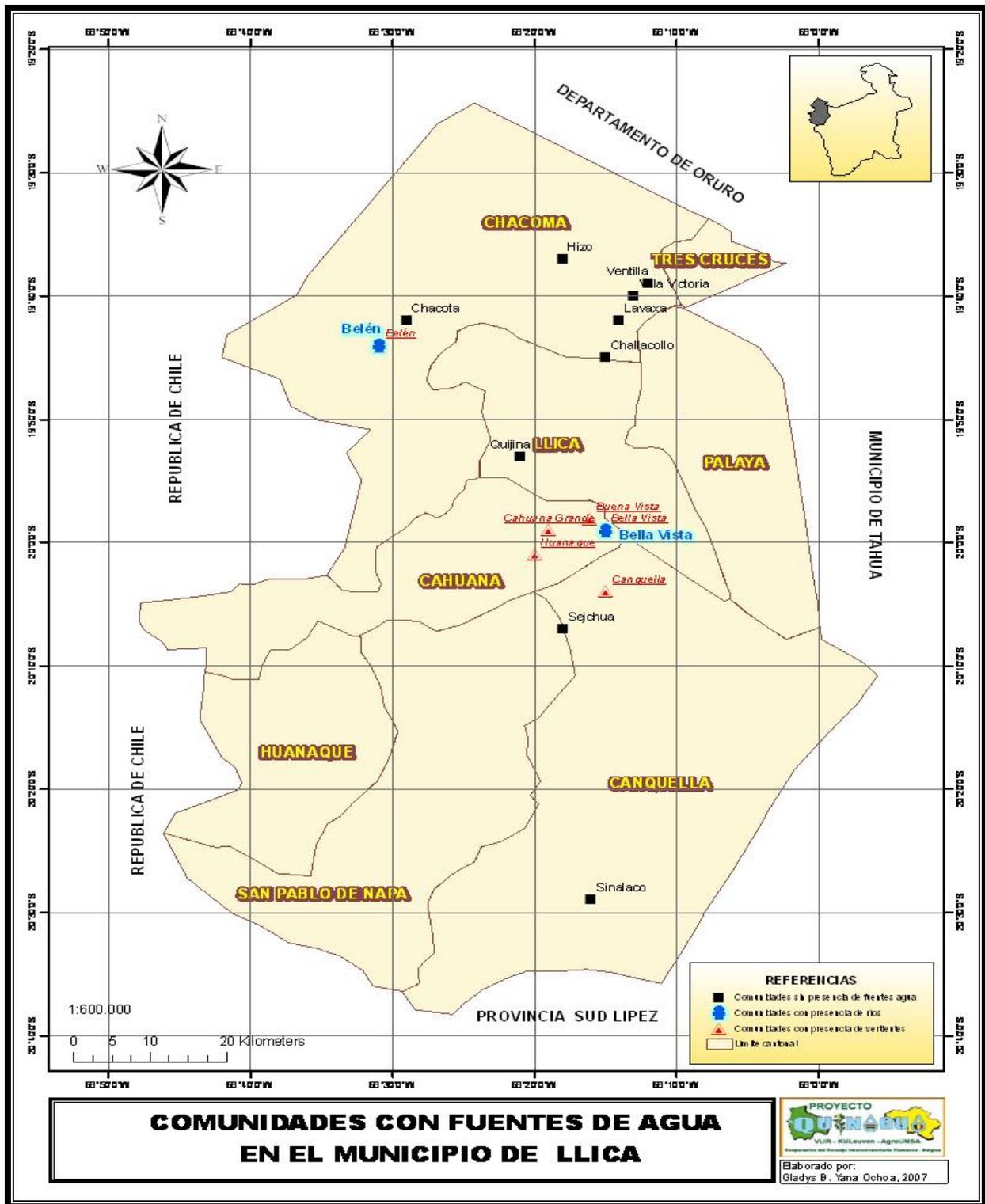


Figura 26. Comunidades que cuentan con fuentes de agua en el Municipio de Llica

5.3.4.1 Recursos hídricos superficiales en el municipio de Colcha K

El municipio de Colcha K, también cuenta, con fuentes de agua, importantes para la agricultura, existiendo relación directa con las zonas potenciales para producción de quinua con riego deficitario (Figura 27).

Detallados en el cuadro 26, se encuentran las vertientes y sus diferentes características con relación a calidad de agua y localización con respecto a los centros poblados.

Cuadro 26. Principales vertientes, para uso agrícola en las comunidades del municipio de Colcha K

| Nº | Comunidad | Nombre | Disponibilidad | Calidad de agua | | Distancia a la comunidad (m) |
|----|---------------|----------------|----------------|-----------------|-------|------------------------------|
| | | | | Potable | Riego | |
| 1 | Villa Loma | Tacra Chuto | Permanente | X | | 2000 |
| 2 | Serena Vinto | Talchíncha | Permanente | X | | 15 |
| 3 | S. Agencha | Poju Vinto | Permanente | X | X | 40 |
| 4 | S. Agencha | Lalu | Permanente | X | X | 100 |
| 5 | Río Grande | Iris | Permanente | | X | 500 |
| 6 | Puerto Cúbica | Wasikha | Permanente | X | X | 500 |
| 7 | Malil | Sutulcha | Permanente | X | | 2000 |
| 8 | Malil | Tataran | Permanente | X | | 2500 |
| 9 | Llavita | Kolku | Permanente | | X | 1000 |
| 10 | Copacabana | Copacabana | Permanente | X | | 150 |
| 11 | Copacabana | Santiago Phujo | Permanente | X | | 200 |
| 12 | Calcha K | Represa | Permanente | X | X | 300 |
| 13 | Bella Vista | Jamaj | Permanente | | | 500 |
| 14 | Bella Vista | Julis | Permanente | sin uso | | 200 |
| 15 | Bella Vista | Muro Cuchu | Permanente | sin uso | | 50 |
| 16 | Atulcha | Agua Castilla | Permanente | X | X | 1000 |
| 17 | Atulcha | Janajwayku | Permanente | X | X | 2000 |
| 18 | Atulcha | Jautani | Permanente | | X | 1500 |

Fuente: PDM del municipio de Colcha K, 2007

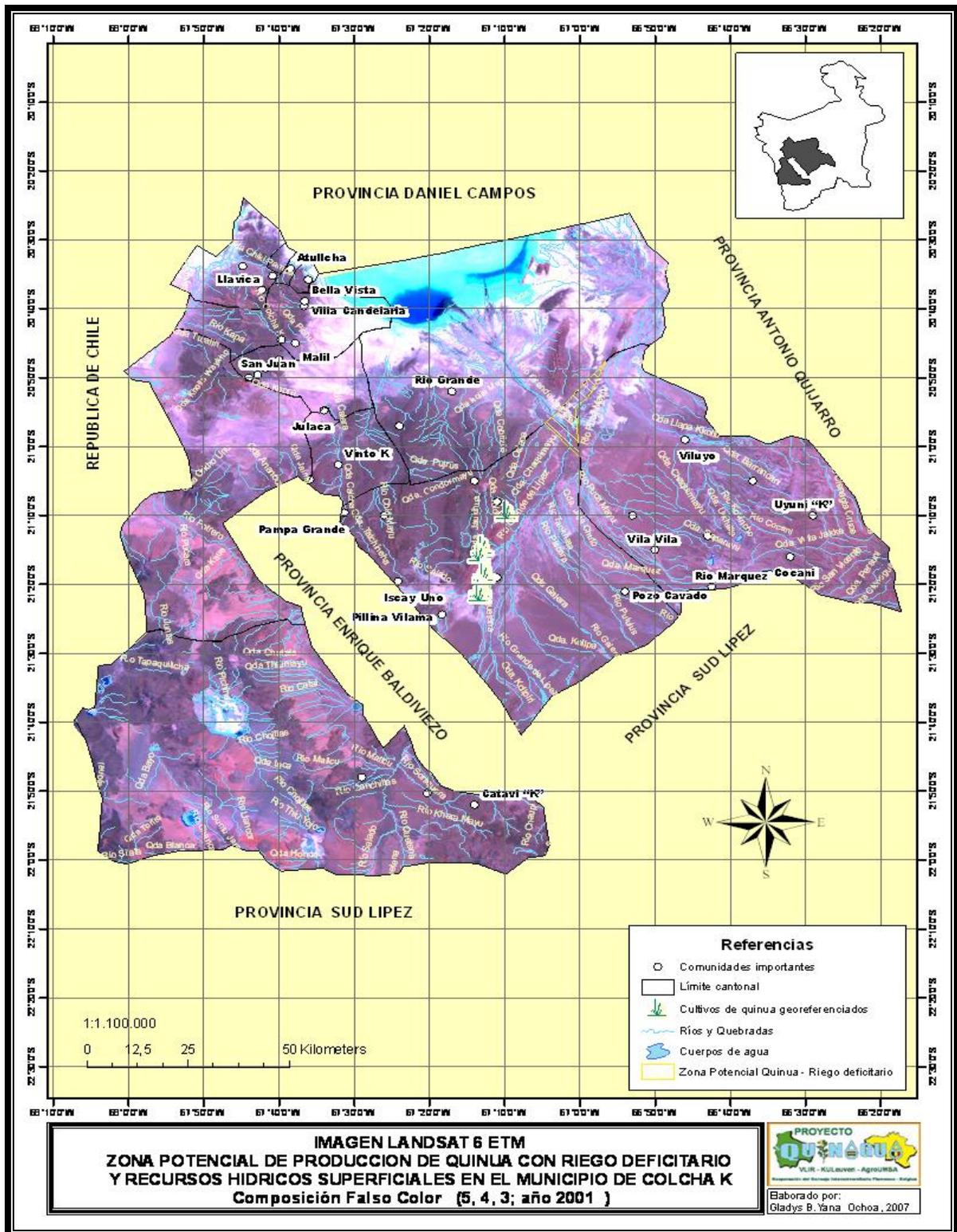


Figura 27. Zona potencial de producción de quinua con riego deficitario y recursos hídricos existentes en el municipio de Colcha K

Así también, los cuadros 27 y 28, muestran ríos y lagunas respectivamente, que son utilizadas o no para irrigación, en este municipio.

Cuadro 27. Ríos con importancia para riego en el municipio de Colcha K

| Nº | Comunidad | Nombre | Disponibilidad | Calidad de agua | | Distancia a comunidad (m) |
|----|---------------------|---------------------|----------------|-----------------|-------|---------------------------|
| | | | | Potable | Riego | |
| 1 | Villa Loma | Pujro Vin to | Permanente | X | | 500 m |
| 2 | Villa Loma | Chita | Permanente | X | | 1000 m |
| 3 | Villa Loma | Tocra Barranca | Permanente | X | | 2000 |
| 4 | Villa Candelaria | Jatin | Permanente | | X | 2000 |
| 5 | Santiago Río Blanco | Santiago Río Blanco | Permanente | X | | 1000 |
| 6 | Porco | Viacha | Permanente | X | | 2000 |
| 7 | Porco | Collpamayu | Permanente | | | 2000 |
| 8 | Malil | San Juan | Permanente | X | | 2500 |
| 9 | Loma Colorada | Atullani | Permanente | X | | 1000 |
| 10 | Llavica | Cullcu | Permanente | | X | 1500 |
| 11 | Iscay Uno | Grande | Permanente | | X | 5000 |
| 12 | Copacabana | Copacabana | Permanente | | X | 50 |
| 13 | Copacabana | Agua Castilla | Permanente | | X | 200 |
| 14 | Colcha "K" | San Juan | Permanente | | X | misma comunidad |
| 15 | Cocani | San Juan | Permanente | X | X | 1000 |
| 16 | Agua de Castilla | Agua Castilla | Permanente | X | X | 1000 |

Fuente: PDM del municipio de Colcha K, 2007

Cuadro 28. Principales lagunas en el municipio de Colcha K para uso opcional de riego

| Nº | Comunidad | Nombre | Disponibilidad | Calidad de agua | | Distancia a comunidad (m) |
|----|------------|-------------|----------------|-----------------|-------|---------------------------|
| | | | | Potable | Riego | |
| 1 | Copacabana | San Antonio | Permanente | X | | 5000 |
| 2 | Colcha "K" | Utul | Permanente | | X | misma comunidad |

Fuente: PDM del municipio de Colcha K, 2007

En la figura 28, se identifica a las comunidades que cuentan con los recursos hídricos acabados de presentar.

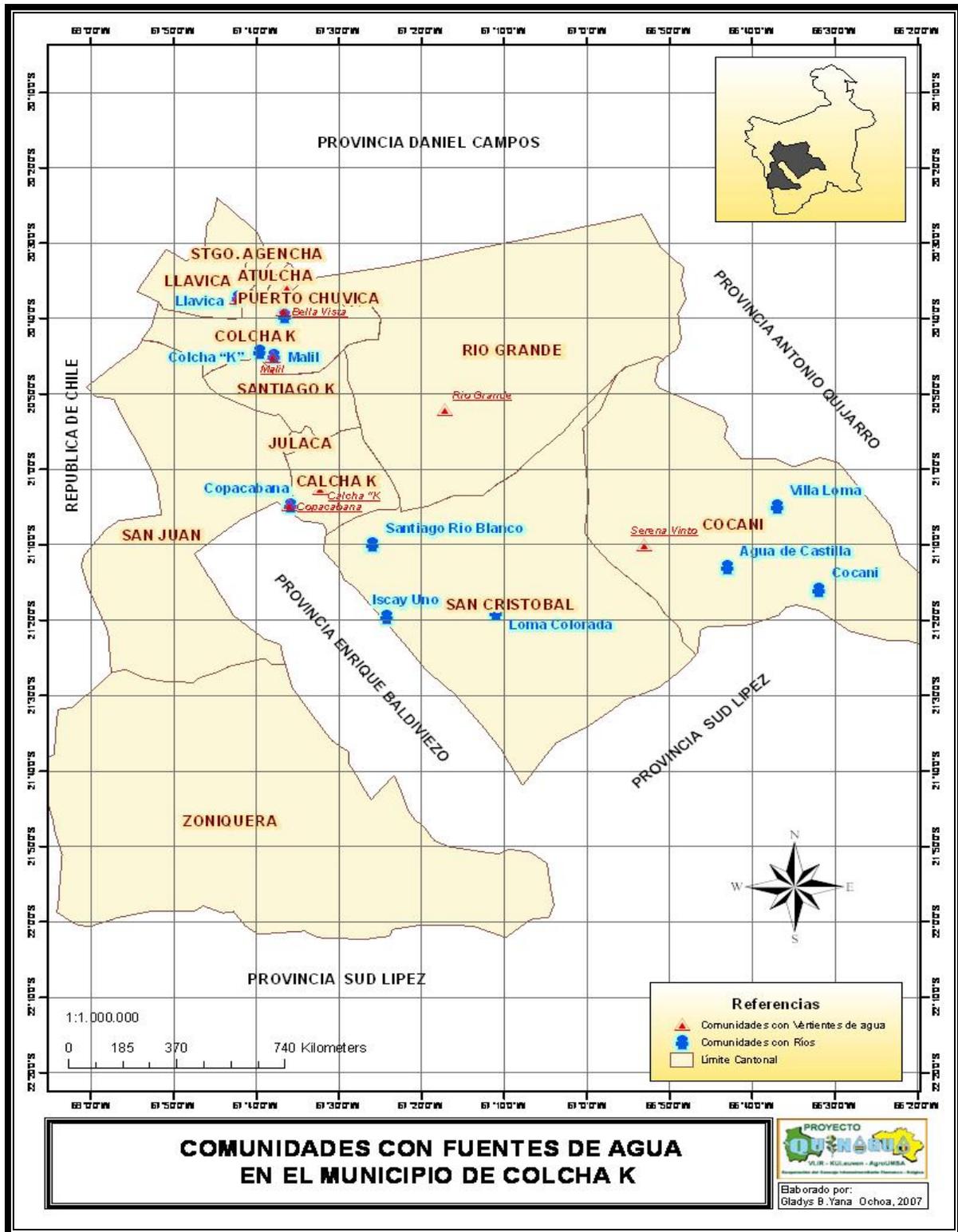


Figura 28. Comunidades que cuentan con fuentes de agua en el Municipio de Colcha K

5.3.4.2 Recursos hídricos subterráneos en el municipio de Colcha K

Finalmente en el cuadro 29, se presentan, pozos identificados en el municipio de Colcha K. Se advierte que todos los pozos tienen calidad potable y que un 80 % de ellos se encuentran en la comunidad.

Cuadro 29. Pozos identificados en comunidades del municipio de Colcha K.

| Nº | Comunidad | Nombre | Disponibilidad | Calidad de agua | | Distancia a comunidad (m) |
|----|-------------|-------------|----------------|-----------------|-------|---------------------------|
| | | | | Potable | Riego | |
| 1 | Villa Loma | Quiuto Koña | Permanente | X | | 150 |
| 2 | Arenales | | Permanente | X | | misma comunidad |
| 3 | Tambillo | | Permanente | | | misma comunidad |
| 4 | Río Marquez | | Permanente | X | | misma comunidad |
| 5 | Cocani | Cocani | Permanente | X | | misma comunidad |

Fuente: PDM del municipio de Llica, 2007

Al respecto Montes de Oca (2005), menciona que en el país existen grandes disponibilidades de aguas subterráneas de buena calidad, que constituyen un recurso potencial para el abastecimiento de agua con fines de dotación de agua potable a poblaciones, para riego e industria, que al presente sólo se la aprovechan en mínima cantidad.

El costo que representa la perforación de pozos, para aprovechar las aguas subterráneas para cualquier fin, es muy elevado, brindado una importancia vital al destinado para el consumo humano y no así para irrigación.

5 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, bajo las condiciones en las que se efectuó el estudio, se establece las siguientes conclusiones:

- Se ha determinado la distribución espacial de las zonas productoras, de cuatro municipios del Altiplano boliviano, los cantones de Salinas de Garci Mendoza, Jirira y Villa Esperanza en el municipio de Salinas de Garci Mendoza; Chacoma, Palaya, y San Pablo de Napa en el municipio de Llica; Zoniquera, San Cristóbal, y San Juan del Rosario en el municipio de Colcha K. En el municipio de Sica Sica no se ha llegado a determinar zona productora a ciencia cierta, debido a la falta de registros de producción de quinua, esto a causa al tipo de producción a la que se dedican.
- En los municipios de Salinas de Garci Mendoza, Llica y Colcha K, la producción de quinua es la más importante del sector agrícola. En cambio en el municipio de Sica Sica, la quinua ocupa un segundo lugar de importancia económica.
- Previa identificación de las zonas productoras de quinua, se logró establecer zonas potenciales, para la expansión de la superficie cultivada de quinua en el área de estudio. Las zonas potenciales en el municipio de Salinas de Garci Mendoza son el cantón Aroma, Ucumasi, Jirira, Villa Esperanza y Salinas de Garci Mendoza; en Llica los cantones de San Pablo de Napa, Chacoma, Palaya y Tres Cruces; y en Colcha K los cantones de Santiago de Agencha, Zoniquera, San Cristóbal y San Juan del Rosario.
- La producción de quinua en los municipios estudiados, incrementa, no directamente por el factor de productividad (rendimiento promedio kg/ha), se debe a la expansión de la frontera agrícola (habilitación de tierras para zonas

de cultivo), acción que responde a la demanda nacional e internacional del producto, con impactos ecológicos y sociales.

- Las zonas potenciales para la aplicación de riego deficitario son ; en el municipio de Salinas de Garci Mendoza, son los que están a orillas del Salar de Uyuni y Coipasa, y lo conforman tres cantones Jirira, Villa Esperanza y Salinas de Garci Mendoza; en el Municipio de Llica no existen zonas potenciales de producción de quinua con la implementación de riego deficitario, debido a las condiciones agro climáticas desfavorables; en el Municipio de Colcha K esta zona potencial se encuentra al noreste del cantón San Cristóbal, llegando a ser la única identificada en el municipio.
- Si se otorgara una mayor importancia económica y social al cultivo de la quinua en el municipio de Sica Sica, la aplicación de riego deficitario puede ser una alternativa interesante, ya que las condiciones agro – climáticas son favorables para su ejecución.
- Se ha realizado la correlación de las zonas potenciales para cultivar quinua con riego deficitario con los recursos hídricos superficiales existentes en las zonas, llegando a corroborar con información cartográfica digital y registros de fuentes de agua de los diferentes municipios, la existencia de los mismos.
- Los recursos hídricos que se aconsejan utilizar para el riego deficitario en la quinua, en los municipios de Salinas de Garci Mendoza y Colcha K, son los superficiales (ríos y vertientes) y prescindir de los recursos subterráneos ya que su utilidad se centra a satisfacer las necesidades de los habitantes y su explotación deriva a importantes gastos económicos.
- Por lo tanto, sí se puede pensar en la implementación de irrigación deficitaria en las zonas potenciales de producción de quinua, identificadas en los

municipios de Salinas de Garci Mendoza y Colcha K, para elevar la producción del cultivo de quinua, ya que existen los recursos necesarios.

- Juntamente con la aplicación de riego deficitario, se debe tomar en cuenta prácticas que colaboren a elevar la producción de la quinua e iniciar la recuperación del recurso suelo, que continuando en las condiciones de producción actuales no ofrecerá perspectivas serias para las futuras generaciones que quisieran cultivar quinua; como la aplicación adecuada de materia orgánica, utilización de barreras vivas, uso de equipos menos depredadores.

6 RECOMENDACIONES

- Las instituciones de apoyo, tanto privadas como gubernamentales deben colaborar con una base de datos accesible, la cual sirva para fortalecer a las organizaciones productoras de quinua a través de proyectos.
- Las instituciones de apoyo, tanto privadas como gubernamentales deben colaborar con la difusión de la información que poseen, ya que esto puede dar lugar a generar más información y soluciones para los sectores más empobrecidos del país y así ayudar a mejorar la calidad de vida de tantas familias.
- Se debe realizar un trabajo de validación a nivel productor, de producción de quinua, en comunidades de los cuatro municipios productoras de quinua ó bien en las zonas productoras y potenciales identificadas.
- La validación realizada en campo de las zonas quinueras, no llega al cincuenta por ciento de la extensión total del área de estudio, es necesario hacer esta validación en campo de manera más completa, para verificar otras zonas con producción de quinua.
- Realizar estudios de inventariación de los recursos hídricos existentes actualmente y evaluar la posibilidad de su utilización con fines de riego en el rubro agrícola, dentro las zonas productoras y potenciales del cultivo de quinua identificadas.
- A fin de que los resultados sean más precisos, debería efectuarse estudios tomando en cuenta el recurso suelo, para zonificar posibles áreas de producción de quinua.

- Se ha visto que en otras zonas del Altiplano boliviano, (a parte de las ya estudiadas en este trabajo de investigación), también es importante el cultivo de quinua, como fuente de ingresos económicos y seguridad alimentaria. Y que a futuro puedan convertirse en zonas altamente productoras, por lo que se recomienda hacer el reconocimiento y estudio de las mismas.
- Para poder tener información fidedigna y más precisa, hacer el estudio de zonificación de otras zonas productoras de quinua a un nivel más específico, por ejemplo con comunidades, ya que el trabajo en plataforma S.I.G. es minucioso y con muy buenas herramientas que nos reflejarían resultados satisfactorios, para facilitar la planificación de proyectos en beneficio de la sociedad.
- Realizar trabajos en plataforma S.I.G. con herramientas más precisas y con mayor detalle, como por ejemplo imágenes satelitales SPOT o ASTER.

7 BIBLIOGRAFIA

- ADUVIRI, L. 2005. Costos y beneficios de la comercialización de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el Altiplano Norte. Tesis Ing. Agr. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 106 p.
- AGUILAR, P. 1999. Características de la quinua y manejo del cultivo. En: Primer Taller internacional sobre quinua; Libro de Resúmenes Capacitación y Conferencias. CIP – DANIDA: UNALM – UNAP. Lima, PE. 132 p.
- ALANOCA, I. 2002. Evaluación agronómica del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con niveles de fertilización de ure y riego por aspersión en el Altiplano Norte. Tesis Ing. Agr. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 125 p.
- ALIAGA, S. 2007. Evaluación participativa con enfoque de género sobre los usos, restricciones y oportunidades de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en seis comunidades del municipio de Sica Sica. Tesis Ing. Agr. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 119 p.
- ALEGRIA, S. 1998. Fertilización nitrogenada sobre la quinua en dos épocas y dos espaciamientos de siembra en el Altiplano Central. Tesis de Grado Lic. Ing. Agr. La Paz, BO. U.M.S.A. 9 p.
- ARONI, G. 2000. Producción de quinua en Bolivia (en línea). Consultado en 3 mar. 2007. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/>
- ARONI, J., ARONI, G. QUISPE, R. y BONIFACIO, A. 2003. Catalogo de la quinua real. La Paz, BO. 50 p.
- ARONI, J. y YUCRA G. 2004. Potencialidades y limitaciones del cultivo de la quinua, camélidos y turismo. Primera Sección Municipal de la provincia Nor Lípez, Gobierno Municipal de Colcha K. Grupo operativo local de desarrollo económico. Mancomunidad de los municipios de la quinua real. Sud Oeste Potosino, BO. 75 p.
- ARONI, G., y ARONI, J. 2005a. Serie de módulos publicados en sistemas de producción sostenible en el cultivo de la quinua. Módulo 2 Manejo agronómico de la quinua orgánica, Fascículo 2 Manejo de semilla. Fundación PROINPA. La Paz, BO. Pp. 31 - 44.

- ARONI, G., y ARONI, J. 2005b. Serie de módulos publicados en sistemas de producción sostenible en el cultivo de la quinua. Módulo 2 Manejo agronómico de la quinua orgánica, Fascículo 4 Manejo de plagas. Fundación PROINPA. La Paz, BO. Pp. 53 - 86.
- BLOTEN, A. y SALLES, C. 2004. ¿Cuánto le cuesta producir? ¿En cuánto piensa vender? Manual técnico sobre innovaciones y la rentabilidad en la producción agropecuaria del Altiplano. Proyecto AUTAPO. Potosí, BO. 299 p.
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (CAF); CENTRO PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL - UNIVERSIDAD DE HARVARD (CID); CENTRO LATINOAMERICANO PARA LA COMPETITIVIDAD Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE (CLACDS - INCAE). 2001. Análisis de la competitividad de la quinua en Bolivia. Proyecto Andino de Competitividad. La Paz, BO.
- CANAHUA, A. y REA, J. 1979. Quinuas resistentes a heladas. En: II Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Junio 4-8. ESPOCH, IICA. Riobamba, EC. Pp.143 -150.
- CARRASCO, R. 1988. Cultivos andinos, importancia nutricional y posibilidades de procedimiento. Editorial centro de Estudios Bartolomé de las Casas. Cuzco, PE. Pp 14 - 35.
- CAYO, M. 2006. Evaluación del tamaño de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en cuatro zonas productoras de Bolivia. Tesis Ing. Agr. Oruro, BO. Universidad Técnica de Oruro. Facultad de Ciencias agrícolas, pecuarias y veterinarias. 125 p.
- CECAOT (Central de Cooperativas Agropecuarias “Operación Tierra”). 1997. Producción de quinua real con riego. Potosí, BO. 37 p.
- CECAOT Central de Cooperativas Agropecuarias “OPERACIÓN TIERRA”, Fundación para el Desarrollo Tecnológico del Altiplano, Consultora Multidisciplinaria T. I. G. 2005. Capacitación a productores de CECAOT, en la preparación de estiércol y sus características cuantitativas de su utilización para el mejoramiento de la fertilidad del suelo en la producción de la quinua. Mañica – Potosí -BO. 45 p.

- CIPCA (CENTRO INTERNACIONAL DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA). 2000. Memoria del diagnóstico de la problemática de seguridad alimentaria en la zona intersalar, Salinas de Garci Mendoza. Tahua y Llica. Oruro, BO. 31 p.
- CEPROBOL (Centro de Promoción Bolivia), Ministerio de Relaciones exteriores y cultos. 2007. Quinoa y derivados. La Paz, BO. 10 p.
- CHIPANA, R. 1996. Principios de riego y drenaje, Sistemas de riego IRTEC – UMSA. La Paz, BO. 23 p.
- COLLAO, R. 2001. La cadena productiva de la quinoa. UPC (Unidad de productividad y competitividad), Banco Mundial. La Paz, BO. 135 p.
- COSSIO, T. 2006. Serie de módulos publicados en sistemas de producción sostenible en el cultivo de quinoa. Módulo 3: Manejo de los recursos Suelo y agua. Fascículo 6: El ciclo hidrológico. Fundación PROINPA. La Paz, BO. 106 p.
- COILA, J; QUISPE, P; MUJICA, A. 2001. Aspectos económicos de la producción de quinoa. In: Quinoa, Ancestral cultivo andino, Alimento del presente y futuro: Eds. A Mújica; S-E Jacobsen; J Izquierdo. FAO – CIP. Santiago, CL. CD Cultivos andinos, versión 1.0 FAO.
- DANIELSEN, S; JACOBSEN S-E; MUJICA, A. 2000. Resumen II Congreso Internacional de Agricultura en Zonas Áridas. Susceptibilidad al mildiu (*Peronospora farinosa*) y pérdida de rendimiento en ocho cultivares de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Iquique, CL. 59 p.
- ESCOBAR, J; BOSQUE, J; GARCI, E; SALADO, MJ. 1994. Sistemas Información Geográfica.
- ENGLISH, M. 1990. Deficit Irrigation I Analitical Franenar. Jonsnal of iniforia e drainape empinceriy. 116, 199-112 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), MACA (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios). 2003. Descubrir el potencial del agua para la agricultura. Roma, IT. 62 p.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación),
MACA (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios). 2004.
Producción de quinua orgánica en el Altiplano sur de Bolivia. La Paz, BO.
- FDTA (Fundación para el Desarrollo Tecnológico del Altiplano, BO). 2002a.
Prospección de demandas de la cadena productiva de la quinua. La Paz,
BO. 127 p.
- FDTA (Fundación para el Desarrollo Tecnológico del Altiplano, BO). 2002b.
Prospección de demandas de la cadena productiva de la quinua. Anexos
La Paz, BO. 112 p.
- FRÉERE, M.; RIJKS, J. y REA, J., 1978. Estudio Agroclimatológico de la zona
Andina. OMM. 297 p.
- GANDARILLAS H. 1997. Riego en Bolivia en Cuestión Agraria Boliviana: Presente y
Futuro. Stampa Gráfica Digital. La Paz, BO. – p.
- GARCIA, M. 2006. Análisis de las tendencias del cambio climático en las zona áridas
y semiáridas de Bolivia. 43 p.
- GEERTS, S.; RAES, D.; GARCIA, M.; DEL CASTILLO, C. y BUYTAERT, W., (2006).
Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian
Altiplano: A case study for quinoa. Agricultural and Forest Meteorology. 45
p.
- GOBIERNO MUNICIPAL DE COLCHA K. 2007 - 2011. Plan de Desarrollo Municipal,
Municipio de Llica Primera sección, Provincia Nor Lípez. Potosí, BO. 248
p.
- GOBIERNO MUNICIPAL DE LLICA. 2007 - 2011. Plan de Desarrollo Municipal,
Municipio de Llica Primera sección, Provincia Daniel Campos. Potosí, BO.
246 p.
- GOBIERNO MUNICIPAL DE SALINAS DE GARCÍ MENDOZA. 1997 - 2000. Plan de
Desarrollo Municipal, Municipio de Llica Primera sección, Provincia Daniel
Campos. Potosí, BO. 246 p.
- GOBIERNO MUNICIPAL DE SICA SICA. 1999 - 2003. Plan de Desarrollo Municipal,
Municipio de Llica Primera sección, Provincia Aroma. La Paz, BO. 160 p.

- GRAHAM, T. ANDRE, D., SORIA, C. 1997. Investigación y transferencia de tecnología club de economía agrícola y sociología rural. La Paz, BO. Pp 31 – 60.
- GUROVICH, L., 1999. Riego superficial tecnificado. Ediciones Universidad Católica de Chile. Segunda Edición. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, CH. 620 p.
- GUTIERREZ, A. 1998. Evaluación de parasitoides para el control biológico de la polilla de la quinua (*Eurysaca melanocampta*) En: Experiencias en el control biológico de plagas agrícolas. Vol. I: Diagnósticos. Morales de C. B. y V. Churquina Eds. Instituto de ecología, COSUDE – FUNDECO. La Paz, BO. 66 p.
- ITURRY, I. 2004. Zonificación georeferenciada y descripción florística de los bofedales en la región de Ulla Ulla del departamento de La Paz. Tesis Ing. Agr. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 132 p.
- HUIZA, Z., 1994. Efectos del déficit hídrico a marchites intensa sobre el ritmo de crecimiento de la quinua. Tesis de grado en Ing. Agronómica U.M.S.A. La Paz-Bolivia. 111 p.
- JACOBSEN, S-E; RISI, J. 2001. Distribución geográfica de la quinua fuera de los países andinos. In: Quinua, Ancestral cultivo andino, Alimento del presente y futuro: Eds. A Mújica; SE Jacobsen; J Izquierdo. FAO – CIP. Santiago, CL. CD Cultivos andinos, versión 1.0 FAO.
- JICA (). 2007. Registros de Aguas Subterráneas. La Paz, BO.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1990. I Foro Internacional para el Fomento de Cultivos y Crianzas Andinos. Situación, perspectivas y bases para un programa de promoción de Cultivos y crianzas Andinos. Cusco, 12-15 de noviembre. Cuzco, Perú. Pp 79 – 86 .
- LAGUNA, P. 2002. La Cadena Global de la Quinua: un reto para la Asociación Nacional de Productores de Quinua, *In* Pelupessy, W; Romero, C. eds. La Gestión Económica - Ambiental en las Cadenas Globales de Mercancías en Bolivia. Cochabamba, BO. Pp 89 - 195.

- LIBERMAN, M. 1986. Impacto ambiental del uso actual de la tierra en el Altiplano Sur de Bolivia. Rev. Di Agricultura subtropicale e tropicale. Instituto Agronómico per L Oltremare. Año 80. N° 4. Pp 509 – 538.
- LOZA, F; MOREAU, M; LIBERMAN, J; LIZECA, L; GASC, F. 2000. Zonificación de las áreas propicias para la crianza de camélidos en el Altiplano Central y Norte de Bolivia. Informe final de la Asociación Boliviana de Teledetección y Medio Ambiente. La Paz, BO. 38 p.
- MACA (Ministerio de Asuntos Campesinos); SBPC (Sistema Boliviano de Productividad y Competitividad); MDE (Ministerio de Desarrollo Económico). 2002 – 2004. Cadena productiva de la quinua. La Paz, BO.
- MAMANI, R. 2007. Partición de biomasa y evapotranspiración del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), sometidas a estrés hídrico en diferentes etapas de crecimiento. Tesis Ing. Agr. La Paz, BO. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. 107 p.
- MENDOZA, G. 2004. Evaluación de dos métodos de riego: Aspersión e inundación en el cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa*) en la Provincia Los Andes, La Paz. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia
- MUJICA, A. 1997. Cultivo de quinua. INIA. Serie Manual RI – N° 1 – 97. Instituto Nacional de Investigación Agraria, Dirección General de Investigación Agraria. Lima, PE. 130 p.
- MUJICA, A; JACOBSEN, S-E. 1997. I Curso Internacional sobre fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Centro internacional de la papa (CIP). Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos, y su mejoramiento. Facultad de Ciencias Agrícolas de la UNA-Puno. Lima, Perú.
- MUJICA, A., JACOBSEN, S., IZQUIERDO, J., MARATHEE, J. 2001a. Origen y descripción de la quinua. In: Quinua Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro: Eds. A Mújica; SE Jacobsen; J Izquierdo. FAO – CIP. Santiago, CL. CD Cultivos andinos, versión 1.0 FAO.

- MUJICA, A; CANAHUA, A; SARAVIA, R. 2001b. Agronomía del cultivo de la quinua. In: Quinoa, Ancestral cultivo andino, Alimento del presente y futuro. Eds. A Mújica; SE Jacobsen; J Izquierdo. FAO – CIP. Santiago, CL. CD Cultivos andinos, versión 1.0 FAO.
- MUJICA, A., JACOBSEN, S., IZQUIERDO, J., MARATHEE, J. 2001c. Resistencia a factores adversos de la quinua. In: Quinoa Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro:. Eds. A Mújica; S-E Jacobsen; J Izquierdo. FAO – CIP. Santiago, CL. CD Cultivos andinos, versión 1.0 FAO.
- MONTES DE OCA, I. 1992. Sistemas de riego y agricultura en Bolivia. Cooperación Técnica Canadiense. La Paz, Bolivia. p. 79-113.
- MONTES DE OCA, I. 2005. Enciclopedia geográfica de Bolivia. Editora Atenea S.R.L. La Paz, BO. 865 p.
- ORSAG, V. 1989. Determinación de las variaciones de almacenamiento de agua en un suelo Typic paleargid del Altiplano Central con ayuda de técnicas nucleares. Ecología de Bolivia. La Paz, BO. 17 p.
- ORTIZ, R. 1998. Parasitoides controladores biológicos de "q'hona q'hona" (*Eurysacca melanocampta* Meyrick) en manejo integrado de plagas en el cultivo de quinua. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, PE. 20 p.
- OWEIS, T. and HACHUN, A. 2005. Agricultural Water Management. p. 80, 57-73.
- PACHECO, A. 2004. Quinoa en Bolivia, Modelo sistémico para el análisis y diagnóstico d la producción. Primera Edición. Plural editores. La Paz, BO. 210 p.
- PELUPESSY, W; ROMERO, C. 2002. La gestión económica – ambiental en las cadenas globales de mercancías en Bolivia. Offset Boliviana Ltda. "EDOBOL". Cochabamba, BO. 257 p.
- PNR (PLAN NACIONAL DE RIEGO). 2005. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios Viceministerio de Asuntos Agropecuarios y Riego, Dirección General de Servicios Agropecuarios y Riego. 48 p.
- PREFECTURA DEL DEPARATAMENTO DE POTOSI, BO. Servicio Departamental Agropecuario; Fundación AUTAPO, BO. Programa quinua Altiplano Sur.

2006. Diagnóstico del sector quinuero del departamento de Potosí. Potosí, BO. 66 p.
- QUISPE, H. 2005. Serie de módulos publicados en sistemas de producción sostenible en el cultivo de la quinua. Módulo 1 Agroecología, Fascículo 3 Evaluación del agroecosistema del altiplano sur. Fundación PROINPA. La Paz, BO. Pp. 41 - 55.
- QUISPE, R; ARONI, G; SARAVIA, R; COSSIO, J; SOTO, J. 2006. Pautas para la producción orgánica de quinua real. La Paz, BO. 7 p.
- RAMOS, Y. 1996. Evaluación de la tolerancia a las heladas con material seleccionado de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Altiplano Sur. Tesis de grado en Ing. Agronómica U.M.S.A. La Paz-Bolivia. 129 p.
- RAMOS, F. 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego diferenciado por fase fenológicas en el Altiplano Central. Tesis de grado en Ing. Agronómica U.M.S.A. La Paz Bolivia 110 p.
- SANCHEZ, M; AGUIRREOLEA, J. 1993. Relaciones hídricas: En fisiología y bioquímica vegetal. Ed. Mc GRAW - HILL – INTERNATIONAL. Madrid, ES. Pp 49 – 55 .
- SAN MARTIN, M; PAZ, B. 1988. Tecnología andina en Oruro-Bolivia. Universidad mayor de San Andrés. La Paz, BO. 55 p.
- SARAVIA, R; QUISPE, R. 2005. Serie de módulos publicados en sistemas de producción sostenible en el cultivo de la quinua. Módulo 2 Manejo agronómico de la quinua orgánica, Fascículo 4 Manejo integrado de las plagas insectiles del cultivo de la quinua. Fundación PROINPA. La Paz, BO. Pp. 64 – 67.
- SEDAG (Servicio Departamental Agropecuario) Oruro. 2006. Datos estadísticos de producción de quinua. Oruro, BO.
- TAPIA, G. 1970. Taxonomía y agronomía de quinuas silvestres en Bolivia. Tesis Ing. Agr. Cochabamba, BO. Universidad Mayor de San Simón.
- TAPIA, M; ARONI, G. 2001. Tecnología del cultivo orgánico de la quinua. In: Quinua, Ancestral cultivo andino, Alimento del presente y futuro. Eds. A Mújica; S-

E; J Izquierdo. FAO – CIP. Santiago, CL. CD Cultivos andinos, versión 1.0
FAO.

TERCEROS, L. 1996. La desertificación y los procesos de transformación del sistema productivo en tres comunidades del Altiplano Sur de Bolivia. Tesis de *Magíster Scientiae*. Postgrado en Ecología Tropical, Facultad de Ciencias. Universidad de Los Andes. Mérida, VE. 207 p.

TRUJILLO, I. 2000 Evaluación de Impactos Socioeconómico en el Sistema de Riego Khara Khota Suriquiña. Tesis de Grado de Ing. Agronómica U.M.S.A. La Paz, BO. 110 p.

VASQUEZ, A.; TORREZ, C.; TERAN, R.; ALFARO, J.; VILCHEZ, G., ALCANTARA, J.; SEVILLA, A.; HUANACO, V. y MONCADA, E. s.f. MANEJO DE CUENCAS ALTOANDINAS. Tomo I. Universidad Nacional Agraria la Molina.

VILLCA, S. 2002, Llica, Abanderada de la soberanía. Segunda Edición. Potosí, BO. 189 p.

VILLON, M. 2002. Hidrología. Segunda Edición. Editorial Villón. Lima, Perú. 435 p.

VIÑAS, O. 2000. Exportación de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) de la República de Bolivia. La Paz, BO. 14 p.

ZONIZIG (Proyecto de Zonificación Agroecológica y Establecimiento de una Base de datos y Red de Sistema de Información Geográfica en Bolivia). 1998. Zonificación Agroecológica y socioeconómica de la cuenca del Altiplano de La Paz. Dirección General de Ordenamiento Territorial. La Paz, BO. Pp. 67 – 140.

Georeferenciación (en línea). San José, CR. Consultado en 15 dic. 2006. Disponible en: <http://www.formaciónsig.com>

Definiciones de georeferenciación. (en línea). Quito, EC. Consultado en 21 feb. 2007. Disponible en: <http://www.iafe.uba.ar>.

ANEXOS



ANEXO 1. Quinua : Estadísticas Básicas Nacionales y Departamentales

| AÑOS | SUPERFICIE (Hectáreas) | | | | | |
|---------------|------------------------|--------|-------|--------|------------|------------|
| | BOLIVIA | LA PAZ | ORURO | POTOSI | COCHABAMBA | CHUQUISACA |
| 1990/1991 | 40528 | 17037 | 10619 | 12551 | 191 | 130 |
| 1991/1992 | 38765 | 16940 | 9843 | 11673 | 209 | 100 |
| 1992/1993 | 37894 | 16500 | 9560 | 11600 | 194 | 40 |
| 1993/1994 | 38196 | 16109 | 9925 | 11914 | 216 | 32 |
| 1994/1995 | 36790 | 14600 | 9800 | 12150 | 200 | 40 |
| 1995/1996 | 37480 | 15280 | 9950 | 12000 | 210 | 40 |
| 1996/1997 | 40035 | 17000 | 10000 | 12730 | 235 | 70 |
| 1997/1998 | 38248 | 16000 | 9950 | 12000 | 233 | 65 |
| 1998/1999 | 34168 | 14342 | 10000 | 9536 | 240 | 50 |
| 1999/2000 | 35715 | 14500 | 10100 | 10800 | 245 | 70 |
| 2000/2001 | 33928 | 14100 | 9420 | 10088 | 249 | 71 |
| 2001/2002 | 33865 | 14000 | 9450 | 10100 | 245 | 70 |
| 2002/2003 (1) | 44700 | 14050 | 10000 | 10120 | 240 | 70 |
| 2003/2004 (2) | 43782 | 12875 | 9400 | 9392 | 235 | 60 |
| 2004/2005 (2) | 44877 | 13463 | 21356 | 9756 | 238 | 65 |

| AÑOS | PRODUCCION (Toneladas Métricas) | | | | | |
|---------------|---------------------------------|--------|-------|--------|------------|------------|
| | BOLIVIA | LA PAZ | ORURO | POTOSI | COCHABAMBA | CHUQUISACA |
| 1990/1991 | 24439 | 11515 | 5063 | 6706 | 33 | 65 |
| 1991/1992 | 16898 | 8382 | 3807 | 4564 | 90 | 55 |
| 1992/1993 | 20109 | 9000 | 4880 | 6119 | 90 | 20 |
| 1993/1994 | 19465 | 8116 | 5008 | 6217 | 103 | 21 |
| 1994/1995 | 18814 | 7500 | 6200 | 5000 | 92 | 22 |
| 1995/1996 | 23490 | 8341 | 6865 | 8160 | 100 | 24 |
| 1996/1997 | 28488 | 11900 | 7300 | 9100 | 140 | 48 |
| 1997/1998 | 16682 | 7006 | 4289 | 5248 | 109 | 30 |
| 1998/1999 | 22027 | 9021 | 5450 | 5389 | 145 | 22 |
| 1999/2000 | 23235 | 9200 | 6600 | 7250 | 150 | 35 |
| 2000/2001 | 21739 | 9024 | 6420 | 6136 | 120 | 37 |
| 2001/2002 | 23147 | 8960 | 6426 | 6060 | 136 | 41 |
| 2002/2003 (1) | 25722 | 9062 | 6850 | 6123 | 124 | 41 |
| 2003/2004 (2) | 24757 | 8047 | 6298 | 5353 | 129 | 30 |
| 2004/2005 (2) | 25648 | 8555 | 11194 | 5738 | 126 | 35 |

1) Preliminar

(*) Estimado

FUENTE: Unidad de Estadísticas Agropecuarias y Rurales. VMAGP - MACIA.

| AÑOS | RENDIMIENTO (kilogramos / hectárea) | | | | | |
|---------------|--------------------------------------|--------|-------|--------|------------|------------|
| | BOLIVIA | LA PAZ | ORURO | POTOSI | COCHABAMBA | CHUQUISACA |
| 1990/1991 | 603 | 676 | 571 | 534 | 471 | 500 |
| 1991/1992 | 436 | 495 | 387 | 391 | 431 | 550 |
| 1992/1993 | 531 | 545 | 510 | 528 | 464 | 500 |
| 1993/1994 | 510 | 504 | 505 | 522 | 477 | 656 |
| 1994/1995 | 511 | 514 | 633 | 412 | 460 | 550 |
| 1995/1996 | 627 | 546 | 690 | 680 | 476 | 600 |
| 1996/1997 | 712 | 700 | 730 | 715 | 596 | 686 |
| 1997/1998 | 436 | 438 | 431 | 437 | 468 | 462 |
| 1998/1999 | 645 | 629 | 645 | 670 | 604 | 440 |
| 1999/2000 | 651 | 634 | 653 | 671 | 612 | 500 |
| 2000/2001 | 641 | 640 | 682 | 608 | 482 | 521 |
| 2001/2002 | 684 | 640 | 680 | 600 | 555 | 586 |
| 2002/2003 (1) | 575 | 645 | 685 | 605 | 517 | 586 |
| 2003/2004 (2) | 565 | 625 | 670 | 570 | 550 | 500 |
| 2004/2005 (2) | 572 | 635 | 524 | 588 | 532 | 546 |

1) Preliminar

(*) Estimado

FUENTE: Unidad de Estadísticas Agropecuarias y Rurales. VMAGP - MACIA.

ANEXO 2. Exportaciones nacionales de quinua

Exportaciones nacionales de quinua por país destino (2000 – 2005) p en dólares americanos

| PAIS | 2000 | | 2001 | | 2002 | | 2003 | | 2004 | | 2005* | |
|--------------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | KILO NETO | VALOR \$us. |
| ALEMANIA, REPUBLICA FEDERAL DE | 218.202 | 304.056 | 303.142 | 369.441 | 232.364 | 256.112 | 187.000 | 188.250 | 289.500 | 318.965 | 253.039 | 301.801 |
| ARGENTINA | 12.547 | 2.283 | 36.760 | 6.834 | 7.762 | 1.428 | 36.278 | 6.732 | 53.458 | 15.913 | 52.642 | 19.668 |
| AUSTRALIA | | | | | | | | | 3.000 | 3.000 | | |
| AUSTRIA | | | | | | | 10.000 | 9.000 | | | | |
| BELGICA-LUXEMBURGO | | | 20.000 | 21.600 | 20.000 | 19.725 | 20.000 | 19.850 | 40.000 | 38.800 | 120.000 | 117.250 |
| BRASIL | | | | | 25 | 25 | 63 | 356 | 900 | 902 | 38.232 | 50.397 |
| CANADA | | | 21.017 | 23.857 | 60.009 | 68.110 | 49.344 | 42.283 | 32.189 | 30.387 | 45.721 | 53.283 |
| COLOMBIA | | | 5.016 | 5.000 | 9.000 | 10.100 | 12.000 | 10.790 | 14.400 | 13.101 | 7.007 | 6.569 |
| COREA DEL SUR | | | 102 | 103 | | | | | | | | |
| CHILE | 3.995 | 5.369 | 15 | 15 | 6.000 | 4.800 | 8.100 | 6.007 | 20.601 | 19.488 | 32.479 | 28.984 |
| CHINA , REPUBLICA POPULAR DE | | | | | | | | | 20 | 386 | | |
| DINAMARCA | | | | | 78 | 125 | | | 10.000 | 13.815 | 20.000 | 25.009 |
| ECUADOR | | | | | | | | | | | 44.000 | 33.880 |
| ESPANA | | | 41.488 | 51.860 | 1.972 | 2.440 | 7.780 | 9.430 | 4.800 | 6.421 | 6.240 | 4.893 |
| ESTADOS UNIDOS | 544.002 | 653.537 | 723.199 | 777.386 | 664.302 | 706.638 | 1.011.132 | 1.034.432 | 930.552 | 975.700 | 1.472.941 | 1.572.725 |
| FRANCIA | 388.200 | 513.180 | 514.960 | 645.080 | 461.950 | 579.827 | 764.730 | 974.628 | 949.045 | 1.218.935 | 1.215.205 | 1.653.478 |
| ISRAEL | | | | | | | 39.000 | 41.900 | 106.000 | 119.995 | 153.600 | 177.706 |
| ITALIA | 35.002 | 52.572 | 21.590 | 30.339 | 23.500 | 34.435 | 1.300 | 1.560 | 10.000 | 10.250 | 13.500 | 14.200 |
| JAPON | 2.990 | 3.502 | 22.000 | 28.213 | 22.050 | 24.313 | 42.000 | 44.447 | 238.150 | 325.343 | 83.160 | 97.721 |
| MALASIA | | | | | | | 8.000 | 8.160 | 3.000 | 3.060 | 16.500 | 16.830 |
| NUEVA ZELANDIA | | | | | | | | | 8.000 | 8.640 | 9.000 | 9.831 |
| HOLANDA (PAISES BAJOS) | 177.800 | 216.340 | 314.750 | 350.405 | 509.489 | 618.725 | 595.810 | 682.833 | 921.119 | 1.031.079 | 1.117.968 | 1.278.845 |
| PERU | 40.000 | 49.200 | 95.000 | 100.100 | | | | | 30.300 | 15.351 | | |
| REINO UNIDO | | | 159 | 325 | 1.335 | 1.582 | 9.100 | 9.100 | 30.574 | 33.549 | 65.306 | 76.390 |
| SUIZA | | | | | | | | | 10.500 | 15.908 | 15.118 | 13.576 |

Fuente: CEPROBOL, 2006

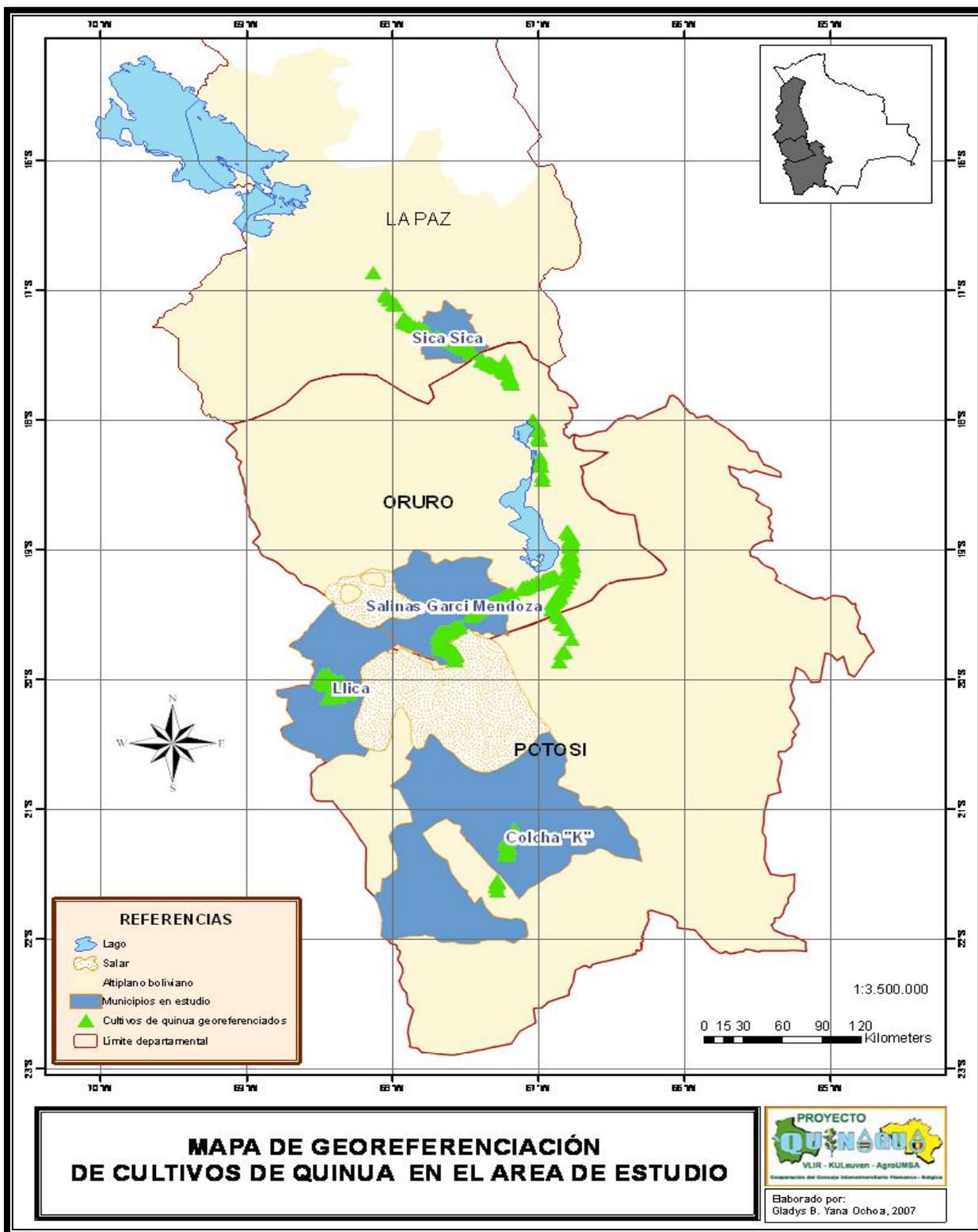
2005* Datos preliminares

Exportaciones nacionales de quinua por país destino
(Enero – Noviembre 2006) p en dólares americanos

| PAIS | KILO NETO | VALOR \$us. |
|--------------------------------|-----------|-------------|
| ALEMANIA, REPUBLICA FEDERAL DE | 598.390 | 779.715 |
| ARGENTINA | 40.158 | 6.133 |
| AUSTRALIA | 88.206 | 111.399 |
| BELGICA-LUXEMBURGO | 100.000 | 107.750 |
| BRASIL | 45.198 | 62.219 |
| CANADA | 135.874 | 165.132 |
| COLOMBIA | 17.248 | 18.020 |
| CHILE | 49.290 | 57.470 |
| DINAMARCA | 20.000 | 20.818 |
| ESPAÑA | 27.517 | 35.817 |
| ESTADOS UNIDOS | 1.828.254 | 2.037.384 |
| FRANCIA | 1.489.432 | 1.968.222 |
| ITALIA | 24.500 | 28.380 |
| ISRAEL | 696.790 | 720.401 |
| JAPON | 101.013 | 114.194 |
| NUEVA ZELANDIA | 10.000 | 11.276 |
| HOLANDA (PAISES BAJOS) | 1.258.450 | 1.407.070 |
| PERU | 111.000 | 115.575 |
| REINO UNIDO | 118.978 | 150.555 |
| SUIZA | 49.759 | 46.208 |

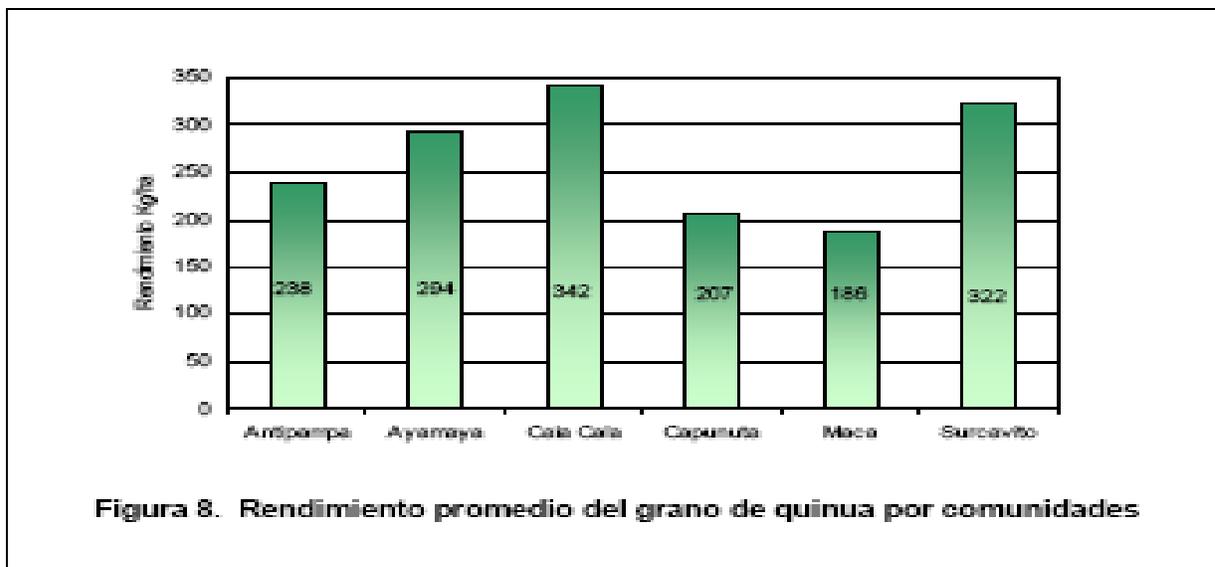
Fuente: CEPROBOL, 2006

ANEXO 3. Localización de los municipios estudiados

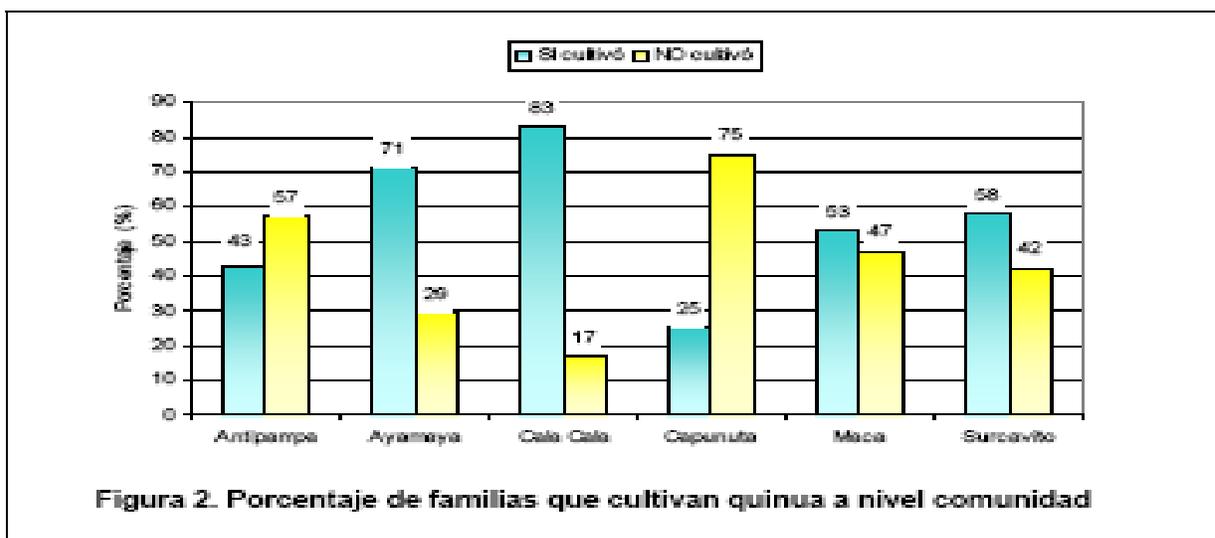


ANEXO 4. Datos de producción de quinua de los municipios en estudio

a) Municipio de Sica sica



Fuente: Aliaga, 2007



Fuente: Aliaga, 2007

b) Municipio de Salinas de Garci Mendoza

| Nº | PROVINCIA | MUNICIPIO | SUPERFICIE SEMBRADA (has) | | | Superficie promedio (ha) | PRODUCCIÓN POR GESTIÓN AGRÍCOLA TM | | | PRODUCCIÓN PROMEDIO | RENDIMIENTO PROMEDIO (Kg/ha) | % de superficie sembrada |
|--------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------|------------------------------|--------------------------|
| | | | 2002-2003 | 2003-2004 | 2004-2005 | | 2002-2003 | 2003-2004 | 2004-2005 | | | |
| 1 | Ladislao Cabrera | Salinas de Garci Mendoza | 13120 | 13120 | 13120 | 13120,00 | 13325 | 13325 | 13325 | 13325,00 | 1015,6 | 53,39 |
| | | Pampa Aullagas | 1874,5 | 1385,5 | 1630 | 1630,00 | 1209,05 | 893,65 | 1051,35 | 1051,35 | 645,0 | 6,63 |
| 2 | Avaroa | Quillacas | 1375 | 2125 | 2500 | 2000,00 | 1106,88 | 1710,63 | 2012,5 | 1610,00 | 805,0 | 8,14 |
| 3 | Sajama | Turco-Curahua de Carangas | 231,2 | 204 | 272 | 235,73 | 319,06 | 281,52 | 375,36 | 325,31 | 1380,0 | 0,96 |
| 4 | Sabaya | Sabaya | 1667,5 | 1087,5 | 1450 | 1401,67 | 843,76 | 550,28 | 733,7 | 709,25 | 506,0 | 5,70 |
| 5 | Cercado | Caracollo y El Choro | 2056,75 | 1840,25 | 2165 | 2020,67 | 946,11 | 846,52 | 995,9 | 929,51 | 460,0 | 8,22 |
| 6 | Carangas | Corque-Choquecota | 264 | 299,2 | 352 | 305,07 | 95,04 | 107,71 | 126,72 | 109,82 | 360,0 | 1,24 |
| 7 | San P. de Totorá | Totorá | 192,5 | 130,9 | 154 | 159,13 | 61,99 | 42,15 | 49,59 | 51,24 | 322,0 | 0,65 |
| 8 | Sud Carangas | S. de Andamarca y Belén de Andamarca | 26,45 | 19,55 | 23 | 23,00 | 12,17 | 8,99 | 10,58 | 10,58 | 460,0 | 0,09 |
| 9 | Sebastián Pagador | S. de Huari | 382,2 | 350,35 | 637 | 456,52 | 290,09 | 265,92 | 483,48 | 346,50 | 759,0 | 1,86 |
| 10 | Tomas Barrón | Tomas Barrón Eucaliptos | 667 | 493 | 580 | 580,00 | 245,46 | 181,42 | 213,44 | 213,44 | 368,0 | 2,36 |
| 11 | Pantaleón Dalence | Huanuni Machacamarca | 495,65 | 366,35 | 431 | 431,00 | 322 | 159,6 | 117,96 | 199,85 | 463,7 | 1,75 |
| 12 | Poopo | Poopo-Pazña | 879,75 | 650,25 | 765 | 765,00 | 242,81 | 179,47 | 211,14 | 211,14 | 276,0 | 3,11 |
| 13 | Saucari | Toledo | 794,2 | 710,6 | 836 | 780,27 | 182,67 | 163,44 | 192,28 | 179,46 | 230,0 | 3,18 |
| 14 | Nor Carangas | Huayllamarca | 142,5 | 127,5 | 150 | 140,00 | 45,89 | 41,06 | 48,3 | 45,08 | 322,0 | 0,57 |
| 15 | Litoral | Huachacalla | 546,25 | 356,25 | 475 | 459,17 | 188,46 | 122,91 | 163,88 | 158,42 | 345,0 | 1,87 |
| 16 | Mejillones | Todo Santos, Rivera | 64,38 | 55,5 | 74 | 64,63 | 35,54 | 30,64 | 40,85 | 35,68 | 552,0 | 0,26 |
| TOTAL | | | 24779,83 | 23321,70 | 25614,00 | 24571,84 | 19471,98 | 18910,91 | 20152,03 | 19511,64 | | 100,00 |

Fuente: SEDAG (Servicio Departamental agropecuario) Oruro, 2006

| Nº | CANTONES | COMUNIDADES | FAMILIAS | SUPERFICIE CULTIVABLE Tareas | REDIMIENTO (qq/ha) | TOTAL PRODUCCIÓN qq | TM |
|--------------|--------------------------|-------------|----------|------------------------------|--------------------|---------------------|-------|
| 1 | SALINAS DE GARCI MENDOZA | 60 | 900 | 10 | 13 | 117000 | 5850 |
| 2 | JIRIRA | | | | | | |
| 3 | VILLA ESPERANZA | | | | | | |
| 4 | AROMA | 15 | 400 | 10 | 13 | 52000 | 2600 |
| 5 | SAN MARTIN | | 150 | 10 | 13 | 19500 | 975 |
| 6 | HUCUMASI | | 400 | 10 | 13 | 52000 | 2600 |
| 7 | CHALLACOTA | | 100 | 10 | 13 | 13000 | 650 |
| 8 | CONCEPCIÓN DE BELEN | | 100 | 10 | 13 | 13000 | 650 |
| TOTAL | | | 2050 | 60 | 78 | 266500 | 13325 |

Fuente: SEDAG (Servicio departamental agropecuario) Oruro, 2006

c) Municipio de Llica

Superficie cultivada por producto (ha por familia)

| CANTON | QUINUA | Papa | Haba | Hortalizas |
|-------------------|--------|------|------|------------|
| Llica | 4,50 | 0,50 | - | - |
| Tres cruces | 6,67 | 0,58 | - | - |
| Chacoma | 13,25 | 0,33 | 0,50 | - |
| Palaya | 6,50 | 6,74 | - | - |
| Cahuana | 4,67 | 1,11 | 1,32 | 0,32 |
| San Pablo de Napa | 15,00 | 0,16 | 5,00 | - |
| Canquilla | 3,50 | 0,25 | - | - |
| Huanaque | 10,00 | 2,50 | 1,50 | - |
| Promedio | 8,51 | 1,52 | 1,19 | 0,05 |

Fuente: Plan de Desarrollo municipal del municipio de Llica (2007 – 2011)

Rendimiento por producto (qq/ha)

| CANTÓN | Quinua qq/ha | Papa qq/ ha | Haba qq/ha |
|-------------------|-----------------|----------------|---------------|
| Llica | 14.50 | - | - |
| Tres cruces | 17.70 | 27.50 | - |
| Chacoma | 15.50 | 4.50 | 10.00 |
| Palaya | 16.55 | 42.50 | - |
| Cahuana | 15.00 | 25.67 | 10.00 |
| San Pablo de Napa | 16.00 | 8.00 | 3.00 |
| Canquilla | 15.20 | 30.00 | - |
| Huanaque | 14.90 | 34.00 | 4.50 |
| Promedio | 15.67 | 21.52 | 3.44 |

Fuente: Plan de Desarrollo municipal del municipio de Llica (2007 – 2011)

d) Municipio de Colcha k

Rendimiento de la producción de quinua en quintales

| Comunidad | Rendimiento | Comunidad | Rendimiento |
|------------------|-------------|---------------------|-------------|
| Agua de Castilla | 25 | Rio Grande | 10 |
| Aguaquiza | 10 | Rio Marquez | 8 |
| Arenales | 10 | S. Agencha | 15 |
| Atulcha | 18 | San Cristobal | 8 |
| Bella Vista | 10 | San Juan Rosario | 10 |
| Calcha "K" | 18 | Santiago "K" | 8 |
| Cocani | 8 | Santiago Chuvica | 12 |
| Colcha "K" | 12 | Santiago Rio Blanco | 13 |
| Copacabana | 8 | Serena Vinto | 10 |
| Culpina "K" | 15 | Vila Vila | 20 |
| Julaca | 10 | Vilama | 15 |
| Llavita | 20 | Villa Candelaria | 17 |
| Malil | 15 | Villa Mar | 16 |
| Mañica | 10 | Viluyo | 15 |
| Pozo Cavado | 10 | Vinto K | 12 |
| Puerto Chuvica | 20 | Zoniquera | 10 |
| Ramaditas | 12 | | |

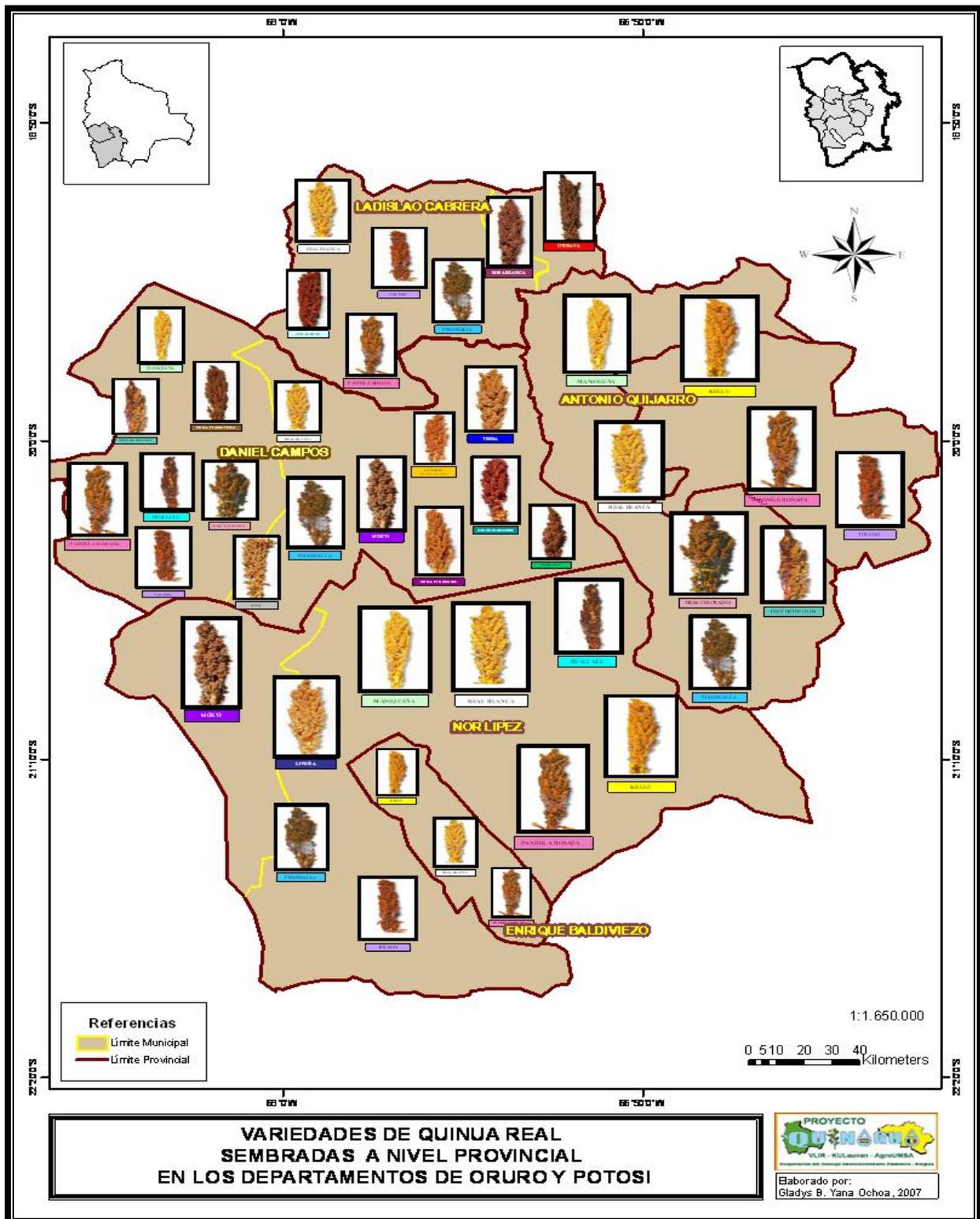
Fuente: Plan de Desarrollo municipal del municipio de Colcha K (2007 – 2011)

Volumen de producción de quinua por comunidades en quintales

| Comunidad | Volumen Producción | | |
|------------------------|--------------------|---------------------|---------------|
| Aguaquiza | 300 | Rio Grande | 400 |
| Arenales | 20 | Rio Marquez | 128 |
| Atulcha | 360 | S. Agencha | 4500 |
| Bella Vista | 220 | San Cristobal | 1536 |
| Calcha "K" | 2340 | San Juan Rosario | 2500 |
| Colcha "K" | 600 | Santiago "K" | 400 |
| Copacabana | 4000 | Santiago Chuvica | 1200 |
| Culpina "K" | 1200 | Santiago Rio Blanco | 156 |
| Julaca | 140 | Vila Vila | 12000 |
| Llavica | 600 | Vilama | 150 |
| Malil | 1350 | Villa Candelaria | 2550 |
| Mañica | 350 | Villa Mar | 4480 |
| Pozo Cavado | 10 | Viluyo | 270 |
| Puerto Chuvica | 2000 | Vinto K | 1,5 |
| Ramaditas | 12 | Zoniquera | 3000 |
| Total municipio | | | 46.773 |

Fuente: Plan de Desarrollo municipal del municipio de Llica (2007 – 2011)

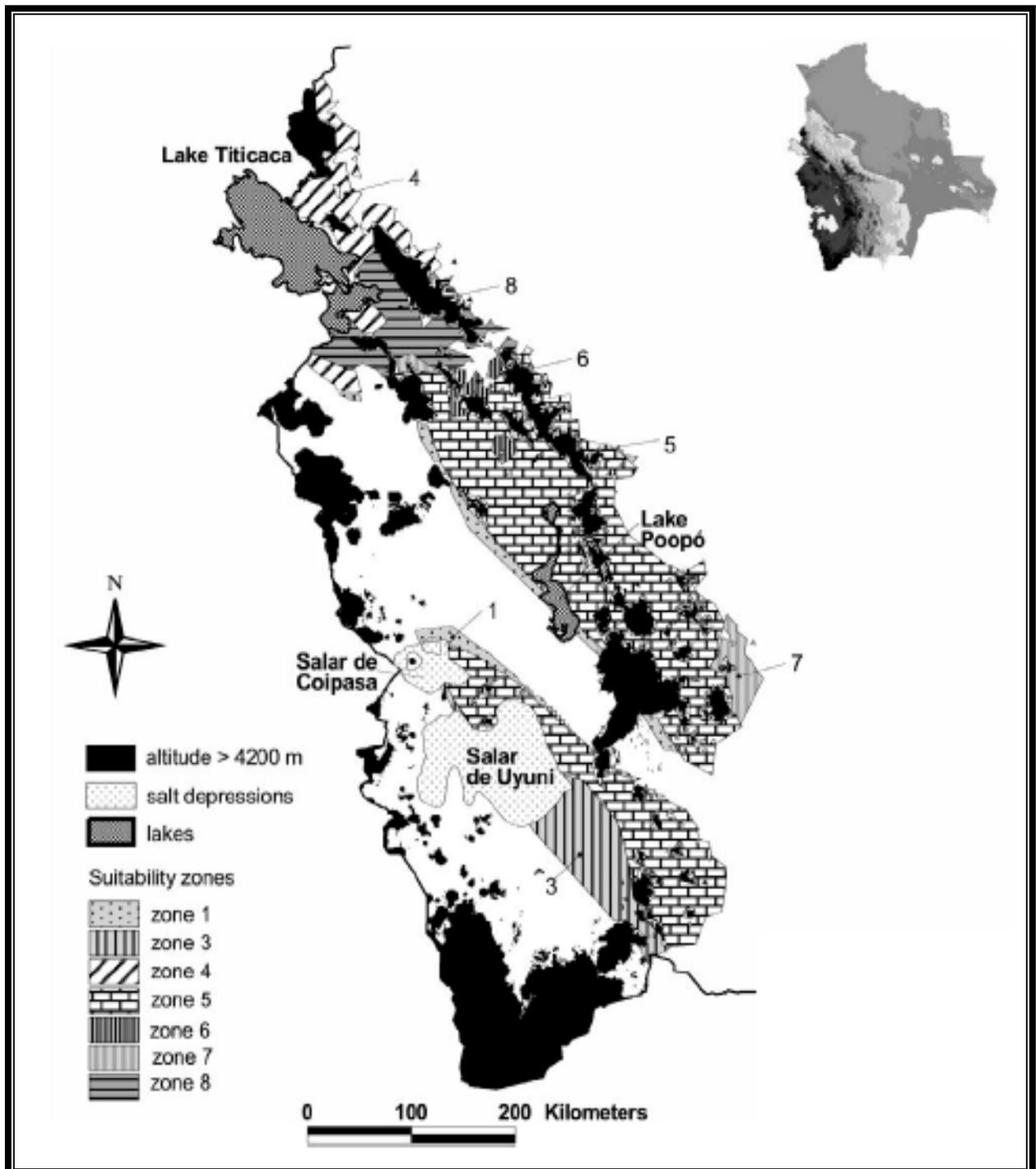
ANEXO 5. Variedades de quinua real sembradas en el Altiplano Sur



Variedades de quinua real sembradas en el Altiplano Sur por municipios

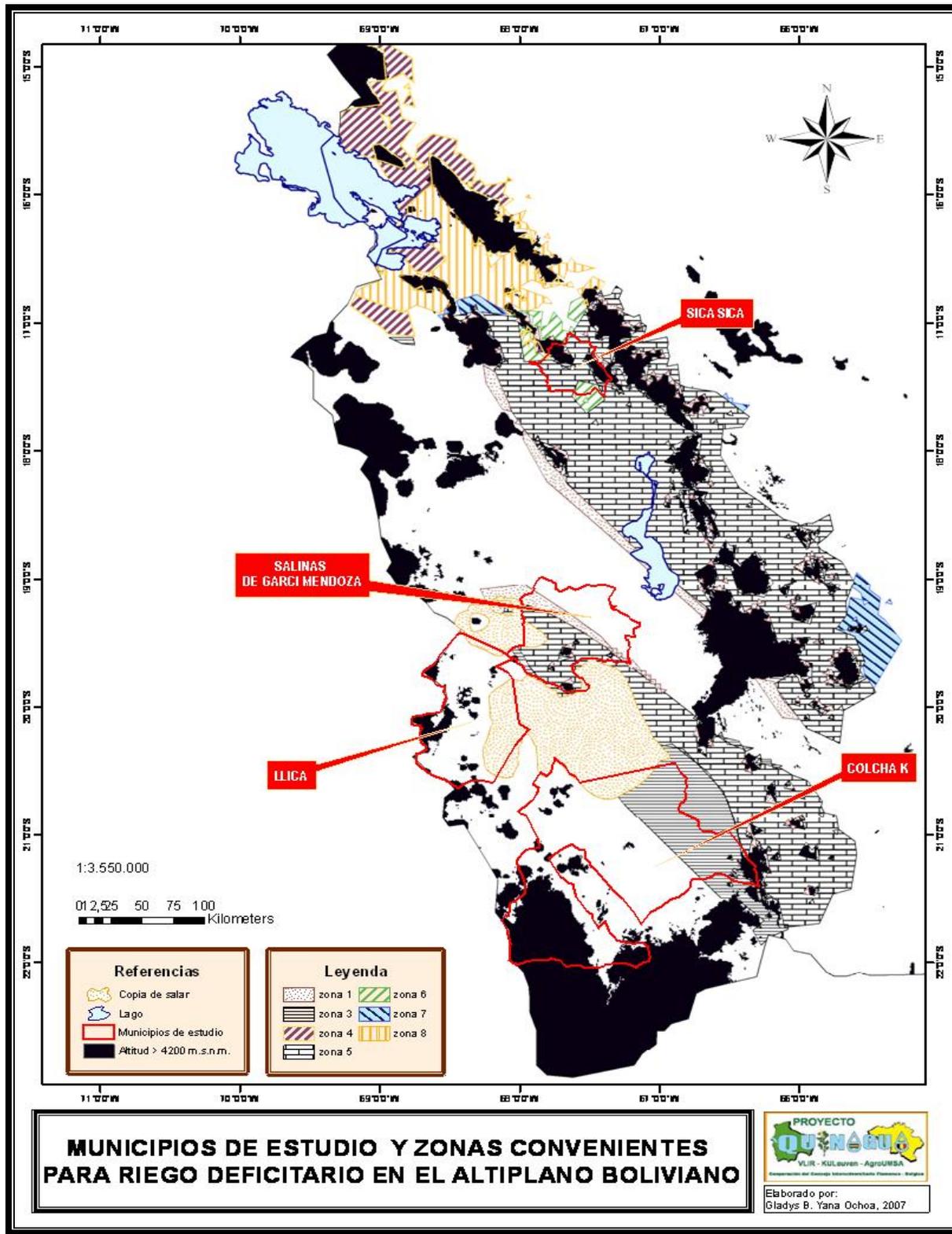
| N. | NOMBRES | MUNICIPIOS | | | |
|--------------|---------------|------------|-----------------------------|-----------|-----------|
| | | Sica Sica | Salinas de Garci Mendoza | Llica | Colcha K |
| 1 | Sajama | X | | | X |
| 2 | Chucapaca | X | | | |
| 3 | Sayaña | X | | | |
| 4 | Kamiri | X | | | |
| 5 | Surumi | X | | | |
| 6 | Wila Chira | X | | | |
| 7 | Blanca Real | X | X | X | X |
| 8 | Amarilla | X | | | X |
| 9 | Maniqueña | X | | X | X |
| 11 | Roja | | | X | X |
| 12 | Pisankalla | | X | X | X |
| 13 | Toledo | | X | X | X |
| 14 | Utusaya | | X | | |
| 15 | Ayrampu | | | | X |
| 16 | Elva | | | | X |
| 17 | Criolla | | | | X |
| 18 | Rosa Blanca | | X | | |
| 19 | Achachino | | X | | |
| 20 | Dorada | | | | X |
| 21 | Huallata | | | | X |
| 22 | Morada | | | | X |
| 23 | Florentina | | | | X |
| 24 | Koylulo | | | | |
| 25 | Tres Hermanos | | | X | |
| 26 | Pandela | | X | X | X |
| 27 | Mok'ho | | | X | |
| 28 | Hiluga | | | X | |
| 29 | Thimza | | | X | |
| 30 | Chilpe | | | X | |
| 31 | Pampino | | | X | |
| 32 | Michca | | | X | |
| 33 | Hilo | | | X | |
| 34 | Conchi | | | X | |
| 35 | Perita | | | X | |
| 36 | Tenza | | | X | |
| 37 | Jacha Jancko | | | X | |
| 38 | Q'anchi | | | X | |
| 39 | Koitu | X | | X | |
| 40 | Koiwi | | | X | |
| 41 | Chankha | | | X | |
| 42 | Calani | | | X | |
| TOTAL | | 10 | 7 | 23 | 15 |

ANEXO 6. Zonas de conveniencia para riego deficitario en el Altiplano boliviano



Fuente: Geerts *et. al.*, 2006

ANEXO 7. Municipios en estudio y zonas de conveniencia para riego deficitario



ANEXO 8. Recursos Hídricos existentes por municipio

a) Municipio de Sica Sica

| N° | Comunidad | Nombre de la vertiente | Características | Caudal Aprox. l/s | Calidad del agua | |
|-----|-------------------|------------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------|
| | | | | | Potable | Riego |
| 1. | Stgo. Hiruyo | Lomitas | 3 ojos | 15 a 20 | | X |
| 2. | Cala Cala | Calicanto | 5 ojos | 3a5 | X | X |
| 3. | Millo | Puru puruni | 3 ojos | 5a8 | X | X |
| 4. | Millo | Castillhuma | 2 ojos | 2a3 | X | |
| 5. | Lahuachaca | Totorani | 1 ojo | 1 a 2 | X | |
| 6. | Villa Caiconi | Villa Caiconi | 2 ojos | 5aS | X | X |
| 7. | Achaya | Achaya | 1 ojo | 2a3 | X | |
| 8. | Apharuri | Apharuri | 1 ojo | 1 a2 | X | |
| 9. | Cayaca | Cayaca | 2 ojos | 3 a5 | X | |
| 10. | Culli Cullii Alto | Cullii Cullii Alto | 3 ojos | 8a 10 | | X |
| 11. | Cala Cala | Cala Cala | 2 ojos | 5a8 | X | X |
| 12. | Aciruni | Aciruni | 2 ojos | 1 a 2 | X | |
| 13. | Viluyo Chico | Viluyo Chico | 3 ojos | 3a5 | X | |
| 14. | Calacota Baja | Calacota Baja_ | 1 ojo | 3a5 | X | X |
| 15. | Huchusuma | Huchusuma | 3 ojos | 3a5 | X | |
| 16. | Capunuta | Mullipuncu | 3 ojos | 8 a 10 | | X |
| 17. | Chuacollo | Chuquisilláni | 3 ojos | 5a8 | X | X |
| 18. | Chuacollo | Lejrc | 1 ojo | 3a5 | | X |
| 19. | Tambo | Q'amaq'e | 1 ojo | 1 a2 | X | |
| 20. | Cajani | Cajani | 1 ojo | 3 a5 | X | |
| 21. | Achayapu | Achayapu | 1 ojo | 2a3 | X | |
| 22. | Iquiaca | Iquiaca | 1 ojo | 1 a2 | X | |
| 23. | Murmuntani | Murmuntani | 3 ojos | 3a5 | | X |
| 24. | Santari | Santari | 2 ojos | 5a8 | | X |
| 25. | Ojtaya | Ojtaya | 1 ojo | 1 a2 | X | |
| 26. | Laquiraya | Jacha Pampa | 1 ojo | 2a3 | | X |
| 27. | Rinconada | Rinconada | 1 ojo | 1 a 2 | | X |
| 28. | Huaychani | Jacha loma | 1 ojo | 1 a2 | X | |
| 29. | Alto Pujravi | Cantaloma | 1 ojo | 1 a2 | X | |
| 30. | Romercota | Aguas | 1 ojo | 3a5 | X | X |
| 31. | Centro Belén | Aguas | 1 ojo | 3a5 | | X |
| 32. | Catavi | Catavi | 1 ojo | 1 a2 | X | |
| 33. | Pucará | Pucará | 1 ojo | 1 a2 | X | |
| 34. | Carbuyo | Jal sur i | 1 ojo | 1 a2 | X | X |
| 35. | Ayamaya | Ayamaya | 1 ojo | 3a5 | X | |
| 36. | Stgo. Sora | Choq'ata | 1 ojo | 2a3 | X | |
| 37. | Stgo. Cachani | Cancha | 1 ojo | 2a3 | X | |
| 38. | Stgo. Laurani | Masani | 1 ojo | 2a3 | X | |
| 39. | Stgo. Sipe Sipe | Sipe Sipe | 1 ojo | 2a3 | X | |

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal del municipio de Sica Sica (199 – 2003)

b) Municipio de Llica

| NOMBRE | UBICACIÓN | DISPONIBILIDAD | | FORMA DE USO | | De la fuente a la comunidad (Km.) |
|------------------------------|------------------|----------------|------------|--------------|-------|-----------------------------------|
| | | Temporal | Permanente | Consumo | Riego | |
| Laguna Jayuma | Challacollo | X | | H | | 4 |
| Río Serque | Tres Cruces | | X | | | 7 |
| Vertiente Usabala | Tres cruces | | X | H | X | 7 |
| Río Waquina | Ventilla | X | | | | - |
| Río Quisirace | Ventilla | X | | | | - |
| Río Pumiri | Villa Victoria | X | | | | 2 |
| Río Pabellón | Villa Victoria | X | | | | 2 |
| Ríos Cura Vira | Villa Victoria | X | | | | 3 |
| Río Jacha Kara | Villque | X | | | | 0.01 |
| Vertiente Vila Cota | Villque | X | | | | 0 |
| Vertiente Chorcasa | Villque | | X | | X | 8 |
| Río Vacuyo | Belén | | X | | X | 4 |
| Río Blanco | Belén | | X | | | 4 |
| Río Hugi | Belén y Chacoma | | X | | X | 10 |
| Vertiente Phiyahuma (termal) | Belén | | X | | X | 3 |
| Vertiente Chuñuchuñu | Belén, y Chacoma | | X | | X | 4 |
| Vertiente Tillajuaya | Belén | | X | | X | 18 |
| Río Cancosa | Bella Vista | | X | | | 0.8 |
| Vertiente Tapa | Bella vista | | X | | X | 4 |
| Vertiente Sevadilla | Bella vista | | X | | X | 4 |
| Vertiente Uta obagua | Bella vista | | X | | | 0.5 |
| Vertiente Uma jalanta | Chacoma | | X | | X | 5 |
| Vertiente Tillihuaya | Chacoma | | X | | X | 15 |
| Maguana Leviscota | Leviscota | | X | G | | 5 |
| Vertiente Jalsuri | Leviscota | | X | G | | 5 |
| Vertiente Sajama | Leviscota | | X | G | | 5 |
| Vertiente Phullujere | Leviscota | | X | G | | 5 |
| Río Sacaya | Playa verde | | X | H | X | 1 |
| Vertiente Barrancani | Playa Verde | | X | H | X | 6 |
| Vertiente Chijtauma | Chiarcollo | | X | G | | 2 |
| Vertiente Chiarcollo | Chiarcollo | | X | H | | 2 |
| Río Chulluuma | Miraflores | | X | | X | 2 |
| Río AlcaKagua | Miraflores | X | | | | 1 |
| Vertiente Chaukela | Miraflores | | X | H | | 0.3 |
| Vertiente Usabala | Miraflores | | X | H | | 3 |
| Río Caucasa | Palaya | X | | | | 1 |
| Vertiente Ulaxa | Palaya | | X | H | X | 1 |
| Vertiente Vacuma | Peña Blanca | | X | | | 5 |

| NOMBRE | UBICACIÓN | DISPONIBILIDAD | | FORMA DE USO | | De la fuente a la comunidad (Km.) |
|-----------------------|-----------------|----------------|------------|--------------|-------|-----------------------------------|
| | | Temporal | Permanente | Consumo | Riego | |
| Vertiente Taypiuma | Peña Blanca | | X | H | | 7 |
| Pozo Marka | Villa Aroma | | X | H | | 0.1 |
| Vertiente tres Sauces | Buena Vista | | X | H | X | 0.3 |
| Vertiente Taypiuma | Buena Vista | | X | H | X | 0.6 |
| Vertiente Patauma | Buena Vista | | X | | X | 0.8 |
| Río Kollpa "K" | Cahuana | | X | - | - | 0.2 |
| Río Sacoya | Cahuana | | X | - | - | 6 |
| Río Thunupa | Cahuana | | X | X | | |
| Vertiente Walasquima | Cahuana | | X | | X | |
| Vertiente Quañuani | Cahuana | | X | | X | |
| Vertiente Agua Grande | Cahuana | | X | | X | |
| Vertiente Warasiña | Cahuana | | X | | X | |
| Vertiente Jalsury | Cahuana Grande | | X | H | X | |
| Vertiente Ejteltkima | Cahuana Grande | | X | | X | |
| Vertiente Jank'ouma | Cahuana Grande | | X | | X | |
| Vertiente Pella | Pella | | X | H | X | |
| Vertiente Tustai | Río San Antonio | | X | H | X | |
| Vertiente Barieco | Río San Antonio | | X | - | - | |
| Vertiente Diablococha | Río San Antonio | | X | - | - | |
| Vertiente Markavi | Sejchua | X | | H | | |
| Río Calo | Canquella | | X | H | X | |
| Vertiente Humapampa | Canquella | | X | H | X | |
| Laguna Kotani | Huanaque | | X | | | |
| Vertiente Miraflores | Huanaque | | X | | X | |
| Vertiente Ramos K'awa | Huanaque | | X | | X | |
| Vertiente Trapichi | Huanaque | | X | | X | |
| Vertiente Pilani | Huanaque | | X | | X | |
| Vertiente Camacha | Huanaque | | X | | X | |
| Vertiente Toldoxa | Huanaque | | X | | X | |
| Vertiente Viscachini | Huanaque | | X | | X | |
| Vertiente Villque Uyu | Huanaque | | X | | X | |
| Vertiente Custa | Huanaque | | X | | X | |
| Río Tojsajza | Pilani | | X | H | X | |
| Río Augusta | Pilani | | X | H | X | |
| Río Catillumá | Pilani | | X | | | |
| Vertiente Huaylajo | Pilani | | X | H | X | |
| Vertiente Titiphujo | Pilani | | X | H | X | |
| Vertiente Castillumá | Pilani | | X | - | - | |

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal de Llica (2007)
H= Consumo Humano G= Consumo de Ganado

Municipio de Colcha K

| Comunidad | Tipo | Nombre | Temporalidad | Uso | Distancia a comunidad | Observaciones |
|------------------|-----------|----------------|--------------|-----------------|-----------------------|---------------|
| Agua de Castilla | Rio | Agua Castilla | Permanente | Humano, riego | 1 km | |
| Aguaquiza | Vertiente | Khollije | Temporal | Humano | 60 Km | |
| Arenales | Pozo | | Permanente | Humano | misma comunidad | |
| Atulcha | Vertiente | Janajwayku | Permanente | Humano, riego | 2 km | |
| | Vertiente | Agua Castilla | Permanente | Humano, riego | 1 km | |
| | Vertiente | Jautani | Permanente | riego | 1,5 km | |
| Bella Vista | Rio | Janaj | Temporal | sin uso | | |
| | Vertiente | Jamaj | Permanente | | 500 mt | |
| | Vertiente | Julis | Permanente | sin uso | 200 mt | |
| | Vertiente | Muro Cuchu | Permanente | sin uso | 50 mt | |
| Calcha "K" | Vertiente | Represa | Permanente | Humano, riego | 300 mt | |
| Catavi "K" | Rio | Colorado | Permanente | Humano, riego | 14 km | |
| | Laguna | Cusmana | Temporal | | 13 km | Contaminada |
| Cieneguillas | Rio | Cieneguillas | Temporal | Ganado | misma comunidad | |
| | Rio | Aguadas | Temporal | Ganado | 1 legua | |
| Cocani | Rio | San Juan | Permanente | Humano, riego | 1 Km | |
| | Pozo | Cocani | Permanente | humano | misma comunidad | |
| Colcha "K" | Rio | San Juan | Permanente | Riego | misma comunidad | |
| | Laguna | Utul | Permanente | Riego | misma comunidad | |
| Copacabana | Rio | Copacabana | Permanente | riego bofedales | 50 mt | |
| | Rio | Agua Castilla | Permanente | riego bofedales | 200 mt | |
| | Laguna | San Antonio | Permanente | Humano | 5000 mt | |
| | Vertiente | Copacabana | Permanente | Humano | 150 mt | |
| | Vertiente | Santiago Phujo | Permanente | Humano | 200 mt | |
| Culpina "K" | Vertiente | Wayllama | Permanente | riego | 15 km | |
| | Vertiente | Coltani | Permanente | | 15 km | contaminada |
| Guadalupe | Riío | Ahua blanca | Permanente | | | |
| | Vertiente | Atullni | Permanente | | | |
| | Vertiente | Chijllavi | Permanente | | | |
| Iscay Uno | Riío | Grande | Permanente | riego | 5 km | |
| Julaca | No | | | | | |
| Llavica | Rio | Cullcu | Permanente | riego | 1,5 km | |
| | Vertiente | Kolku | Permanente | riego | 1 km | |
| Loma Colorada | Rio | Atullani | Permanente | Ganado | 1 km | |
| Malil | Rio | San Juan | Permanente | Humano | 2,5 km | |
| | Vertiente | Sutulcha | Permanente | Humano | 2 km | |
| | Vertiente | Tataran | Permanente | Humano | 2,5 km | |
| | Vertiente | Colige | Permanente | humano | 10 km | |
| | Vertiente | Ununaseg | Permanente | Humano | 6 km | |
| | Vertiente | Chilno | Permanente | Humano | 6 km | |
| | Vertiente | Lagun Lojpata | Permanente | Humano | 7 km | |
| | Vertiente | Pucacasa | Permanente | Humano | 11 km | |
| Vertiente | Millu | Permanente | Humano | 18 km | | |
| Mañica | Laguna | Patalacona | Permanente | riego | | |
| Pampa Grande | Riío | Cocamayú | Temporal | | 12 km | |
| Porco | Riío | Viacha | Permanente | Humano | 2 km | |
| | Riío | Collpamayú | Permanente | | 2 km | |
| Pozo Cavado | No | | | | | |

| Comunidad | Tipo | Nombre | Temporalidad | Uso | Distancia a comunidad | Observaciones |
|---------------------|-------------|---------------------|--------------|---------------|-----------------------|---------------|
| Puerto Chuvica | Vertiente | Wasikha | Permanente | Humano, riego | 500 mt | |
| Ramaditas | Laguna | Villa Kota | Temporal | Ganado | 1 km | |
| Rio Grande | Rio | Grande de Lipez | Permanente | | 15 km | contaminado |
| | Vertiente | Iris | Permanente | Humano | 28 km | |
| | Vertiente | Iris | Permanente | Riego | 500 mt | |
| Rio Marquez | Pozo | | Permanente | humano | misma comunidad | salado |
| S. Agencha | Vertiente | Poju Vinto | Permanente | Humano, riego | 40 mt | |
| | Vertiente | Lalu | Permanente | Humano, riego | 100 mt | |
| San Cristobal | Rio | Cerro de los Lipez | Permanente | Riego | 80 km | |
| | Rio | Jalanta | Permanente | Humano | 10 km | |
| Santiago Rio Blanco | Rio | Santiago Rio Blanco | Permanente | Ganado | 1 km | |
| Serena Vinto | Vertiente | Talchicha | Permanente | Humano | 15 mt | |
| Tambillo | Pozo | | Permanente | | misma comunidad | |
| Uyuni "K" | Ri6 | Calpamayu | Permanente | Humano | 6 Km | |
| Viacha | Rio | Caniza | Permanente | Humano, riego | 6 km | |
| | Rio | Angosto | Permanente | | 7 km | |
| Vila Vila | Rio | Grande | Permanente | | 10 Km | Contaminada |
| | Rio | Jalanta | Temporal | Humano | 15 Km | |
| | Rio | Colorado | Temporal | Humano | 20 km | |
| Vilama | Vertiente | | Permanente | Humano | | |
| Villa Candelaria | Rio | Jatin | Permanente | Riego | 2 km | |
| | Vertiente | Fiq | Permanente | humano | 10 km | |
| | Vertiente | Potosi Kullu | Permanente | Humano | 12 km | |
| Villa Loma | Rio | Tocra Barranca | Permanente | Humano | 2 km | Contaminada |
| | Rio | Pujro Vin to | Permanente | Humano | 500 mt | |
| | Rio | Chita | Permanente | Humano | 1000 mt | |
| | Vertiente | Tacra Chuto | Permanente | Humano | 2 km | |
| | Pozo | Quiuto Koña | Permanente | Humano | 150 mt | |
| Villa Mar | Rio | Villa Mar | Permanente | riego | En la comunidad | |
| | Rio | Canchilla | Permanente | Humano | | |
| | Rio | Catal | Permanente | Humano | | |
| | Laguna | Vinto | Permanente | | | |
| | Laguna | Capina | Permanente | | | |
| | Laguna | Yapi | Permanente | | | |
| | Laguna | Pasto Grande | Permanente | | | |
| | Laguna | Cachi Laguna | Permanente | | | |
| | Laguna | Karalaguna | Permanente | | | |
| | Laguna | Ramaditas | Permanente | | | |
| | Vertiente | Capina | Permanente | | | |
| | Vertiente | Pasto Grande | Permanente | | | |
| | Vertiente | Catal, | Permanente | | | |
| | Vertiente | Chuila | Permanente | | | |
| Vertiente | Viscachilla | Permanente | | | | |
| Viluyo | Pozo | | Permanente | | | |
| Zoniquera | Rio | Challviri | Permanente | Humano | 20000 mt | |
| | Rio | Agua calientes | Permanente | | !5000 mt | |
| | Laguna | Novillo | Permanente | | 40000 mt | |
| | Vertiente | Novillo | Permanente | | 35000 mt | |
| | Vertiente | Viscachillo | Permanente | | 40000 mt | |
| | Vertiente | Wayllitas | Permanente | | 20000 mt | |

Fuente: Plan de desarrollo Municipal de Colch ak (2007)