

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS

MAESTRÍA EN BROMATOLOGIA



ANÁLISIS DE ELEMENTOS METÁLICOS PARA LA DENOMINACIÓN DE ORIGEN DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) DE BOLIVIA

**Tesis de post grado para optar el título de Magister
Scientiarium**

Maestrante: Pablo C. Morales Pérez

La Paz-Bolivia
2010

RESUMEN

Morales Pérez Pablo C. 2010. *Análisis de Elementos Metálicos para la Denominación de Origen de la Quinoa (Chenopodium quinoa Willd).* Tesis, Magister en Bromatología, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 150pg

El tema de investigación referido: Análisis de Elementos Metálicos para la Denominación de Origen de la Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), fue planteado debido a que la quinoa es un grano andino de alto valor nutritivo debido a su adecuado balance de aminoácidos, carbohidratos y minerales, cualidades que hoy en día la han convertido en un producto cargado de futuro. Esto queda confirmado por los datos del Consejo Nacional de Comercializadores y Productores de Quinoa que menciona que los precios se han incrementado en promedio de 300% respecto a los precios de 10 años atrás. Sin embargo, el 40% de la producción sale de contrabando y esta ilegal actividad va en crecimiento, sobre todo hacia el Perú, acaparando el producto para venderlo al exterior con valor agregado. De todo, en el documento se hace conocer sobre el contenido de los elementos metálicos y sus implicancias en la salud en el grano de quinoa. Se describe también, el camino acertado de trabajar en lo referente a la certificación de origen y genuinidad con la finalidad de proteger a nuestro grano andino, evitar que otros países la sigan explotando comercialmente y mejorar los ingresos de los productores y comercializadores. Se han identificado y cuantificado 28 elementos metálicos en 8 variedades de quinuas de origen botánico conocido y colectadas en tres zonas del altiplano boliviano. El análisis de dichos elementos metálicos, fue realizado mediante el uso de espectrometría de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES). Con los datos obtenidos de la cuantificación de elementos metálicos y aplicando métodos de clasificación multivariados, se pudo desarrollar una metodología para determinar el Origen Geográfico de la Quinoa y la genuinidad. Además, se presentan resultados quimiométricos comparados con la prueba de Tukey que ha permitido seleccionar a los elementos aluminio, boro, bario, calcio, cobalto, cobre, hierro, silicio, titanio y el zinc, como los elementos diferenciadores de los demás elementos metálicos. Por otro lado, se muestra resultados del análisis de cluster jerárquico y análisis discriminante para la asignación una probable región de origen de las quinuas.

ABSTRACT

The research topic referred to the Contribution to the Study on the Designation of Origin and authenticity of Quinoa Real, was raised because the Andean grain quinoa is highly nutritious due to of its adequate balance of amino acids, proteins, carbohydrates and minerals qualities that today have become a product with future. This is confirmed by data from the National Council of Quinoa Producers Traders which mentioned that prices have increased an average of 300% compared to prices 10 years ago. However, 40% of production is illegal smuggling and this activity is growing, especially to Peru, hoarding the product to sell abroad with added value. In all, the document is known about the content of metallic elements and their health implications in the grain quinoa. It also describes the right way to work in relation to the certification of origin and authenticity, in order to protect our Andean grain and prevent other countries continue operating commercially and improve the income of producers and marketers. In the present study it has been identified and quantified 28 metallic elements in quinoa varieties of botanical known and collected in three areas of the Bolivian highlands. The analysis of these metal elements were performed using optical emission spectroscopy inductively coupled plasma (ICP-OES). With the data obtained from quantification of metallic elements and applying multivariate classification methods, we could develop a methodology to determine the geographical origin of Quinoa and genuineness. In addition, chemometric results are compared with the Tukey test that allowed to select the elements such as aluminum, boron, barium, calcium, cobalt, copper, iron, silicon, titanium and zinc, as the distinguishing elements of the other metallic elements. On the other hand, the research shows results of hierarchical cluster analysis and discriminant analysis for assigning a probable region of origin of quinoa.

INDICE DE FIGURAS

Nº	FIGURA	Pag.
II.1	Plantación de Quinoa en el Altiplano Boliviano	6
II.2	Hoja y Semillas de Quinuas Bolivianas	7
II.3	Muestra herbarizada de la raíz de quinoa	8
II.4	Variedad de Colores en Quinuas Bolivianas	9
III.1.	El Altiplano Boliviano	30
III.2.	El Altiplano Norte	32
III.3.	El Altiplano Central	34
III.4.	El Altiplano Sur	35

INDICE DE GRÁFICOS

Nº	GRAFICO	Pag.
V.1.	Diagrama de caja para el comportamiento del boro.	57
V.2.	Diagrama de caja para el comportamiento del bario.	58
V.3.	Diagrama de caja para el comportamiento del calcio.	58
V.4.	Diagrama de caja para el comportamiento del cobalto.	59
V.5.	Diagrama de caja para el comportamiento del Estroncio.	59
V.6.	Diagrama de caja para el comportamiento del zinc.	60
V.7.	Dendograma de la muestra	77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		Pag.
II.1.	Contenido de aminoácidos en los granos de quinua (g/16g N)	13
II.2.	Comparación del contenido de aminoácidos esenciales de la proteína del grano de quinua, cuatro cereales, una leguminosa, 4 proteínas de origen animal y el patrón de la FAO (g / 16g N).	14
II.3.	Comparación de los aceites del maíz y de la quinua	16
II.4.	Vitaminas de los granos de quinua (mg/100g)	17
II.5.	Algunos elementos metálicos de los granos de quinua (mg/100g)	20
II.1.	Procedencia: Belén La Paz Bolivia 03-04	37
II.2.	Procedencia: Tunusi La Paz Bolivia 04-05	38
II.3.	Procedencia: Salinas de Garci Mendoza (Irpani) – Oruro Bolivia 03-04	39
V.1.	Resultados del análisis de Humedad en muestras de quinua de la localidad de Belén	43
V.2.	Resultados del análisis de Humedad en muestras de quinua de la localidad de Garci Mendoza	44
V.3.	Resultados del análisis de Humedad en muestras de quinua de la localidad de Tunusi	44
V.4.	Resultados del análisis de cenizas en muestras de quinua de la localidad de Belén	45
V.5.	Resultados del análisis de cenizas en muestras de quinua de la localidad de Garci Mendoza	45
V.6.	Resultados del análisis de cenizas en muestras de quinua de la localidad de Tunusi	46
V.7.	Respuestas positivas (Rp) para los 2 elementos metálicos analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).	48
V.8.	Respuestas positivas (Rp) para los 2 elementos metálicos analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).	49

V.9	Respuestas positivas (Rp) para los 4 elementos metálicos analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).	50
V.10	Respuestas positivas (Rp) para los 5 elementos traza analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).	51
V.11	Respuestas positivas (Rp) para los 6 elementos traza analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).	52
V.12	Respuestas positivas (Rp) para los 4 elementos traza analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).	53
V.13	Estadísticos descriptivos por elemento analizado	55
V.14	Análisis de varianza para cada elemento	61
V.15	Prueba de Tukey para el Aluminio por lugar	64
V.16	Prueba de Tukey para el Boro por lugar	64
V.17	Prueba de Tukey para el Bario por lugar	65
V.18	Prueba de Tukey para el Calcio por lugar	65
V.19	Prueba de Tukey para el Cobalto por lugar	66
V.20	Prueba de Tukey para el Cobre por lugar	66
V.21	Prueba de Tukey para el Hierro por lugar	67
V.22	Prueba de Tukey para el Silicio por lugar	67
V.23	Prueba de Tukey para el Titanio por lugar	68
V.24	Prueba de Tukey para el Zinc	68
V.25	Resumen de Comparaciones múltiples	69

INDICE GENERAL

	Pag.
Resumen	i
Resumen en Ingles	ii
Índice General	iii
Índice de Figuras	vi
Índice de Gráficos	vii
Índice de Tablas	viii
I INTRODUCCIÓN	1
1. Introducción	1
2. Planteamiento del Problema y Justificación	3
3. Objetivos	3
3.1. Objetivo General	3
3.2. Objetivos Específicos	3
4. Hipótesis	4
5. Esquema de la Investigación	4
II MARCO TEÓRICO	6
2.1. Quinoa	6
2.1.1. Origen	7
2.1.2. Descripción	7
2.1.3. Rendimiento Agrícola	10
2.1.4. Comercio	11
2.1.5. Composición Química y Valor Alimenticio	11
2.1.5.1. Proteínas	12
2.1.4.2. Carbohidratos	14
2.1.4.3. Grasa y Energía	15
2.1.4.4. Vitaminas	17
2.1.4.5. Minerales	17

2.1.4.5. Saponinas	20
2.2. Denominación Geográfica	21
2.2.1 La Indicación Geográfica Protegida:	22
2.2.2 Denominación de Origen Protegida	22
2.2.3 Cuando Utilizar las Denominaciones Geográficas	23
2.2.4 las ventajas de utilización de las denominaciones geográficas	23
2.2.5 Legislación	24
2.2.6 Reconocimiento Internacional	25
2.2.7 Etapas para la Implementación del Proyecto	25
2.3. Denominación de Origen en Bolivia	27
2.4. Alimento Genuino o Normal	28
2.4.1 Agregados que configuren una adulteración	29
2.4.2 Consecuencias de la pérdida de genuinidad	29
III DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO	30
3.1. Zona de Producción	30
3.1.1. El Altiplano Norte	31
3.1.2. El Altiplano Central	33
3.1.3. El Altiplano Sur	34
IV DISEÑO METODOLÓGICO	37
4.1. Muestras	37
4.2. Caracterización de los Elementos Metálicos	39
4.3. Determinación del Contenido de humedad	39
4.4. Determinación del Contenido de Cenizas	40
4.5. Preparación de la Muestra para su Lectura en ICP	41
5.6. Elementos Metálicos en las Muestras de Quinuas	41
5.7. Análisis Estadístico	42
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
5.1. Determinación del Contenido de humedad	43

5.2. Determinación del Contenido de Cenizas	45
5.3. Análisis De resultados	46
5.4. Elementos metálicos en las muestras de quinuas	46
5.5. Análisis estadísticos	54
Cálculo de la media y la desviación típica	54
Diagrama de cajas	56
Análisis de varianza ANOVA	60
Prueba de rangos múltiples de Tukey HSD	63
Análisis de cluster jerárquico	76
VI CONCLUSIONES	78
VII RECOMENDACIONES	82
VIII BIBLIOGRAFÍA	83
IX ANEXOS	89
IX ANEXOS	90
Anexo 1	91
Anexo 2	95
Anexo 3	97
Anexo 4	112
Anexo 5	115
Anexo 6	123
Anexo 7	129

I

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

El cultivo de la quinua reviste una vital importancia para Bolivia por ser el pilar principal de la agricultura de su Altiplano debido a que se constituye en la principal fuente alimenticia de esta región y el único que puede ser cultivado de forma extensiva (Gandarillas, 1993).

Actualmente, Bolivia es líder indiscutible en la producción y exportación de quinua de la mayor calidad y reconocimiento mundial y el mercado mundial de la quinua ha crecido de gran manera, se proyecta para hacerlo aún más. Todo ello fortalece económicamente a los habitantes de la región. Se ha estimado que este producto genera entre la mitad y el 85% de los ingresos de las familias que la cultivan (Brenes y col.,2001).

En 1998 la producción de quinua en Bolivia llegó a 16680 toneladas y el 2008 se tuvo una producción de 25000 toneladas aproximadamente. Del mismo modo, alrededor 70000 familias ya en el año 2000 cultivaban el grano andino (Ruíz y col.,2009).

En cuanto a las exportaciones del grano se dispararon el 2008 y su valor creció en 475 por ciento, es decir de 4 millones a 23 millones de dólares; para este año 2009, se proyectan ingresos por 35 millones de dólares. El volumen de las ventas al exterior también aumentó de 2 mil toneladas a 11 mil, un 450 por ciento(Osorio, 2009).

I. INTRODUCCIÓN

Esta gran demanda a nivel mundial está llevando a una creciente desertificación de los suelos debido a muchos factores como la sequía, el monocultivo, el mal uso del tractor, la sobreexplotación, entre otros (Carrión, 2009; Lavell, 1996; Terceros, 2007; PNACC, 2009).

Por otro lado se está incrementando el contrabando ya que más de la mitad de la producción salen del país por esta vía y esta ilegal actividad va también en crecimiento, sobre todo hacia el Perú, que acapara el producto para luego reexportarlo a países europeos y norteamericanos con un mayor valor agregado.

Esta realidad ha sido debatida por el Estado boliviano y es así que las actuales políticas agrarias, como el Plan Nacional de Desarrollo, buscan mejorar los sistemas productivos haciéndolos cada vez más eficientes ecológicamente sustentables y socialmente responsables. En lo que respecta a la explotación comercial de la quinua por otros países, también se han tomado medidas de protección, es así que el Servicio Nacional de Propiedad Intelectual (SENAPI) reconoce legalmente la Denominación de Origen- Quinua Real del Altiplano Sur de Bolivia.

Los resultados alcanzados proporcionan datos de contenidos en oligoelementos y elementos metálicos en la quinua, con la finalidad, en primer lugar, de contribuir al estudio de la denominación de origen de la quinua (Mendieta y col, 2008). Dado que la quinua es un recurso alimenticio dependiente de los factores bióticos y abióticos, la presencia de metales pesados debiera relacionarse con su origen geográfico y botánico. En segundo lugar, estos datos podrán además, ser utilizados como indicadores de genuinidad (Nonzioli y col).

También fueron identificados elementos metálicos nunca reportados y que pueden ser relevantes al tema nutricional y de salud, debido a que algunos elementos tienen propiedades inmuno-supresivas e inmuno tóxicas, entre otras propiedades (Zdzislaw, 2000). Finalmente, los datos obtenidos podrían contribuir al estudio del uso de la quinua como bioindicador geográfico y botánico de contaminación por metales (Greger, 1999).

2. Planteamiento del Problema y Justificación

La quinua esta cobrando gran interés internacional, debido a sus cualidades nutricionales y de salud, esto está obligando a los productores, comercializadores y al país en general empezar a prestar atención a todo lo referente con la genuinidad y la propiedad intelectual, sin embargo la caracterización de la autenticidad de la quinua y sus derivados, la denominación de origen, constituyen un problema de difícil resolución analítica tanto para los organismos oficiales como también para los productores, industriales, pues la legislación que podría servir como referente sobre calidad, autenticidad y seguridad no está del todo desarrollada, menos aplicada y en general no les resulta conocida o está desactualizada.

Este problema nos ha llevado a estudiar posibles soluciones a partir de la identificación y cuantificación de elementos metálicos en muestras de quinuas, que ayudarían si vale el termino a encontrar la huella digital de la quinua, es decir, descubrir herramientas para una caracterización segura del origen de la quinua, ya que de los datos y antecedentes obtenidos de la misma garantizarán la credibilidad del alimento (quinua) a través de la autorización otorgada por los organismos oficiales.

3. Objetivos

3.1 General

Contribuir al estudio del origen geográfico y genuinidad de la quinua, a través de la identificación y cuantificación de elementos metálicos contenidos en muestras del grano provenientes del altiplano norte y sur de Bolivia.

3.2 Específicos

- Determinar los contenidos de metales pesados en variedades de quinua del altiplano norte y sur de Bolivia.

- Evaluar el menor número de elementos indicadores de genuinidad y de diferenciación para el origen geográfico.

4. Hipótesis

Los elementos metálicos contenidos en las quinuas podrían variar en cuanto a su cualidad y cantidad debido a factores como: El clima, las características de los suelos y las posibilidades agrícolas y ganaderas. Esta variación de contenidos metálicos nos interesaría estudiarlos como posibles elementos diferenciadores para determinar la genuinidad y la denominación de origen.

5. Esquema de la Investigación

Los granos de quinua fueron obtenidas de una colección de Quinuas provenientes del altiplano norte y sur de Bolivia, realizada por el Programa Quinua CLIFA-IDR* -Facultad de Agronomía de la UMSA.

Para los análisis del contenido de elementos metálicos y trazas, contenidos en los granos de quinua, se cumplieron los siguientes procedimientos:

1. Preparación de las muestras. Las muestras fueron preparadas cumpliendo los protocolos del Laboratorio y las normas de humedad y cenizas.
2. Para la determinación de los elementos metálicos y trazas, se utilizaron la técnica instrumental de espectrometría de emisión óptica con plasma acoplado por inducción, ICP-OES, por las siguientes ventajas:
 - Se disponía del equipo

I. INTRODUCCIÓN

- No existieron interferencias químicas que pudieran enmascarar otros elementos químicos o pudieran disminuir la concentración de algún o algunos elementos químicos

 - Las lecturas fueron simultáneas, además de su versatilidad analítica.

 - La relación costo-beneficio fue más productiva comparada con otras técnicas.
3. Evaluación de resultados. Para la evaluación de los resultados obtenidos se utilizaron técnicas quimiométricas.

II

MARCO TEÓRICO

2.1. Quinua

"La quinua es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, es decir que presenta un adecuado balance de proteínas, carbohidratos y minerales, necesarios para la vida humana", La quinua o quinoa es evocada con frecuencia como el alimento sagrado de antiguas culturas andinas, parte de las dietas del pasado. Pero sus cualidades han convertido a esta planta sudamericana en un producto cargado de futuro.

Ubicación Taxonómica (Tapia 1979)

Orden : Centrospermales.

Familia : Chenopodiaceae.

Sección : Chenopodia.

Subsección : Cellulata.

Genero : Chenopodium.

Especie : *Chenopodium quinoa Willd.*

Nombre común:

- *Quechua*: Kiuna, quinua, parca
- *Aymara*: Supha, jopa, jupha, jaira, aara, ccallapi.
- *Español*: Quínoa, quínoa, quinqua, kinoa, trigrillo, trigo inca, arrocillo, arroz del Perú
- *Inglés*: Quinoa, quinua, kinoa, sweet quinoa, white quinoa, Peruvian rice, Inca rice

Fig. II.1. Plantación de Quinua en el Altiplano Boliviano



Fuente: Visión Chyamanica Ricardo Díaz Mayorga
chamanic@visionchamanica.com

II. MARCO TEÓRICO

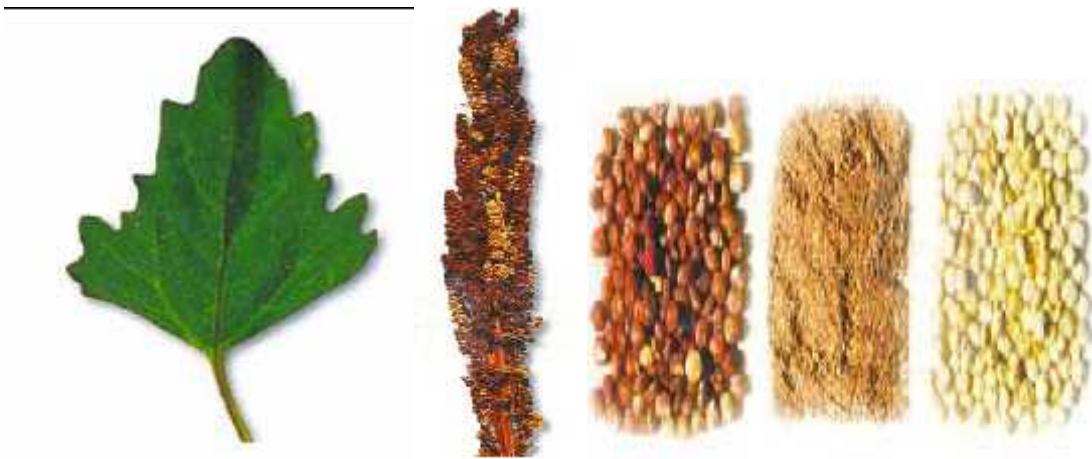
2.1.1. Origen

La quinua es una especie autóctona de América del Sur y se cree originaria del Lago Titicaca. Según estudios arqueológicos, ha sido cultivada desde al menos 3,000 A .C (ASAPRO, 2002). Por siglos se constituyó en uno de los alimentos principales de millones de habitantes de Bolivia, Chile, Ecuador y el Perú, siendo la segunda plantación en importancia después del maíz. (Yañez y col.,1983).

2.1.2. Descripción

Como se aprecia en la fig. II.2 es una planta anual de hojas anchas, dentadas y a menudo triangulares en la forma, herbácea dicotiledónea de entre 1 a 2 metros de altura. El tallo leñoso posee hojas pubescentes alternadas y en su final aparece como racimos grandes las semillas, presenta una variedad de colores, de acuerdo con la siembra, púrpura, rojas o verdes.

FIG. II.2. Hoja y semillas de quinua Boliviana



Fuente: Este material fue extractado del Estudio realizado por PROINPA, Catalogo de Quinua Real de junio de 2003

Tal como se observa en la figura FIG.II.3. Posee una raíz ramificada de unos 20 a 25 cm. Generalmente son hermafroditas y se auto polinizan.



Fig. II.3. Muestra herbarizada de la raíz de quinua (cortesía del Dr. Abul Kalam)

El fruto de la quinua es un grano de color variable de forma lenticular o elipsoidal y de 1 a 1,5 mm. de diámetro. El grano tiene tres partes bien definidas, la parte central rica en almidón, perispermo que se encuentra rodeado por el embrión o endosperma que se enrolla como un aro y toda la semilla esta cubierta por el epispermo, que es una membrana que va a determinar el color (Rea 1948). El alto valor nutritivo de la quinua se a comprobado química y biológicamente.

Se han identificado 4 eco tipos:

- Valle: Crece en los Valles Andinos a 2000-3000 msnm. Son altas con ramas y tienen largos periodos de crecimiento.
- Altiplano: Alrededor del Lago Titicaca. Son bajas sin ramas panojas compactas y periodos de crecimiento corto. Resistente a las heladas.
- Salino: Nativa de las planicies salinas del altiplano boliviano. Son resistentes, adaptadas a suelos salinos, y alcalinos, y semillas ricas en proteínas y amargas.
- Nivel del mar: Se encontró al sur de Chile no poseen ramas son de foto periodo largo y sus semillas son amarillas y amargas.

II. MARCO TEÓRICO

- Subtropical: Valles interandinos de Bolivia, plantas muy verdes que pasan a naranja en la madurez y poseen pequeñas semillas blancas, amarillo-naranjas.

Es uno de los cereales con mayor variedad en el color de las plantas y el grano, característica que puede estar relacionada con la altura. El grano puede ser blanco, amarillo, rojo, café, gris o negro tal como se aprecia en la figura: Fig.II.4. Existen muchas especies de quinua, diferenciadas por el color, la forma, y el tamaño del grano.



Fuente: Este material fue extractado del Estudio realizado por PROINPA, Catalogo de Quinoa Real de junio de 2003.

FIG. II.4. Variedad de Colores en Quinoa Boliviana

En Bolivia se encuentra el banco de germoplasma que guarda 3.120 accesiones de quinua, de las cuales 17 variedades son consideradas principales. Entre las variedades más comunes tenemos la Sajama, la Común, Pasankalla, Kellu, Pandela, Toledo, entre otras; siendo la quinua Real considerada la de mayor calidad y demanda en el mundo, debido al tamaño de su grano fundamentalmente (Brenes y col, 2001).

La quinua puede crecer bajo condiciones particularmente desfavorables, tierras altas, pobremente drenadas, regiones frías, y bajo sequías. Sus requerimientos son:

- Lluvias: De 300 a 1000 mm dependiendo de la variedad y del lugar de origen.

- **Altitud:** Dependen de los eco tipos a nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m. En los Andes. Su rango óptimo es entre los 2500 y los 4000 m.n.s.n.
- **Temperatura:** Tolera amplios rangos (-6°C a 30°C). Las plantas no son afectadas por heladas extremas con excepción durante la floración. Las flores son sensibles a las heladas ya que el pistilo pierde la viabilidad de los óvulos y los granos de polen.
- **Tipo de suelo:** Puede crecer en un amplio rango de acidez de suelo, desde pH 6 a pH 8,5. Tolera infertilidad, salinidad moderada, y un bajo nivel de saturación de bases.
- **Pérdidas por plagas y enfermedades:** Las pérdidas son bajas pero estas pueden incrementar en el caso de producir cultivos más intensivos al aumentar el área de siembra.

2.1.3. Rendimiento Agrícola

El rendimiento de la quinua es bajo por las condiciones agroclimáticas y por el tamaño de los granos. Muchas veces es necesario realizar rotaciones de cultivos para lograr un cultivo aceptable, puesto que las condiciones de germinación de las semillas son muy especiales (Fortúbel 2004).

En un período de más de 25 años, se redujeron los niveles de rendimiento por unidad de superficie del cultivo de la quinua de un promedio nacional de 700 kg/ha en los años 70 a 470 kg/ha en los últimos 5 años. Todo ello debido a muchos factores como la introducción del tractor agrícola, el crecimiento descontrolado de la frontera agrícola con su consecuente destrucción de la cobertura vegetal, la disminución de la fertilidad de los suelos por el monocultivo, y la extracción de la leña, además de los problemas por efectos antrópicos.

Todos estos factores mencionados posibilitaron una mayor presencia de los elementos meteorológicos situación que agrava la anormalidad del clima del Altiplano, particularmente de la región del sudoeste (Terceros, 2007). En la última gestión agrícola 2008-2009 estuvo presente el riesgo de la sequía, según señalan los técnicos de la región, los rendimientos alcanzados no superaron los 350 kg/ha como promedio, en el periodo agrícola de referencia (Augstburger y col, 2009).

2.1.4 Comercio

En la actualidad una de las producciones más destacadas, en términos de volúmenes de exportación y también con una creciente demanda en el mercado interno, es la quinua. Las exportaciones oficiales de los últimos cinco años hasta el 2008 alcanzaron los 2,23 millones de USD, equivalente a 1800 TM, con un promedio de 360 TM año hasta el año dos mil ocho (Soraide, 2008).

Otros datos del Consejo Nacional de Comercializadores y Productores de Quinua (CONACOPROQ), mencionan que en el 2008 la producción de quinua fue de 23000 TM, cada una con un valor de 16.305 bolivianos. 13000 TM se exportaron, el resto se distribuyó en el contrabando vía Desaguadero hacia el Perú y el 10% restante se distribuyó en el mercado interno(CONACOPROQ, 2009) .

2.1.5. Composición Química y Valor Alimenticio

La quinua es uno de los mejores recursos proteínicos en el reino vegetal ya que presenta un balance excepcional de proteínas, grasa, y almidón. La cáscara constituye un porcentaje bajo, 1,5 a 3,0 por ciento, mientras que el germen constituye aproximadamente el 25 por ciento del grano y contiene 48,5% de proteínas y 28 % de grasa; el endosperma de quinua, es rico en carbohidratos y pobre en materias grasas (Fuentes de, 1983).

2.1.5.1. Proteínas

Debido a que contiene un equilibrio casi perfecto de los ocho aminoácidos esenciales necesarios para el desarrollo de tejido en la gente. Oskar Linn (Linn,19939) hace las siguientes consideraciones en relación al TABLA II.1. y TABLA II.2

- La proteína de la quinua presenta un perfil de aminoácidos esenciales bien balanceado, lo que no se encuentra en las proteínas y leguminosas de consumo amplio.
- La quinua es excepcionalmente alta en lisina, cistina y metionina típicamente bajo en otros granos.
- Tiene índices más altos de los aminoácidos lisina, isoleucina y treonina, en comparación con la proteína patrón de FAO.
- En el caso de triptófano y valina, la proteína de quinua representa valores de 90 y 100 por ciento respectivamente comparada con la proteína de referencia establecida por la FAO.
- Siendo el embrión de la quinua más grande con respecto a la semilla, hace que el contenido proteico sea alto (16 a 23 %), de alta calidad y extremadamente cerca del Standard de la FAO para consumo humano.
- Basado en estos análisis, se puede decir que la quinua es altamente apta para ser incorporada a mezclas de vegetales y otros cereales por su alto contenido de proteína bien equilibrada.

TABLA II.1. Contenido de aminoácidos en los granos de quinua (g/16g N)

Aminoácidos Esenciales	Mínimo	Máximo	No. de Análisis
Arginina	3,3	10,3	23
Fenilalanina	2,9	5,8	17
Histidina	2,1	4,6	23
Isoleucina	2,6	6,9	23
Leucina	5,1	8,4	22
Licina	4,3	8,1	29
Metionina	1,0	5,5	29
Triptófano	0,7	1,4	25
Valina	3,5	7,6	23
Treonina	2,9	5,7	23
No esenciales			
Alanina	4,4	5,3	7
Acido aspártico	3,0	10,6	13
Acido glutámico	4,3	17,2	13
Cistina	0,7	6,9	17
Glicina	5,2	8,2	7
Prolina	2,5	3,7	6
Serina	2,5	5,3	13
Tiresina	1,7	6,6	24

FUENTE: J.A.Romero B.: Evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de 8 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis, INCAP, Guatemala, 1981

II. MARCO TEÓRICO

TABLA II.2. Comparación del contenido de aminoácidos esenciales de la proteína del grano de quinua, cuatro cereales, una leguminosa, 4 proteínas de origen animal y el patron de la FAO (g / 16g N).

AMINOACIDOS ESENCIALES										
Alimento	Arg	Fenil.	His.	Iso.	Leu.	Lis.	Met.	Treo.	Trip.	Val
Trigo	4,0	5,0	1,8	4,2	7,0	2,1	1,2	2,6	1,1	3,9
Maíz	3,5	4,5	2,1	4,6	13,0	2,9	1,8	4,0	0,6	5,1
Arroz	5,5	4,8	1,6	4,5	8,2	3,8	1,7	3,7	1,0	6,7
Avena	6,1	5,0	1,7	4,8	7,0	3,4	1,4	3,1	1,2	5,5
QUINUA	6,5	4,5	3,2	5,2	6,5	6,3	2,5	4,3	0,7	5,0
Soya	7,2	4,9	2,4	5,4	7,7	6,3	1,3	3,9	1,4	5,2
Leche	3,7	1,4	2,7	10,0	6,5	7,9	2,5	4,7	1,4	7,0
Carne	6,4	4,5	3,5	5,2	8,2	8,7	2,5	4,4	1,2	5,5
Huevo	6,6	5,8	2,4	8,8	6,6	6,4	3,1	5,0	1,6	7,4
Pescado	5,6	3,7	---	5,1	7,5	8,8	2,9	4,3	1,0	5,3
Patrón	---	6,0	---	4,0	7,0	5,5	3,5	4,0	1,0	5,0

FUENTE: Energy and FAO Protein Requirements. Report of a Joint FAO/WHO ad hoc Expert Committee, Rome, 1973. FAO Nutrition Meeting Report series No.52 and WHO Technical Report series No. 522.

2.1.4.2. Carbohidratos

El contenido de carbohidratos totales en la quinua está entre un 46 y un 77.4 por ciento, lo que representa un buen potencial energético. El endosperma de la quinua contiene un almidón de cualidades inusuales, su diámetro está entre 1.5 y 3 micras, menor que el del maíz que está entre 1 a 23 micras y del trigo con 2 a 40 micras (Atwell y col, 1983; Sacarpati y col., 1982; Wolf y col, 1950).

Los Pequeños gránulos de almidones generalmente exhiben temperaturas de gelatinización superiores a los gránulos grandes de almidones (Kulp, 1973; Swinkes 1985). Sin embargo el almidón de la quinua inicia la gelatinización a temperaturas similares a los granulos más grandes como ser los gránulos de almidones de trigo y papa esto es de 56 a 58 °C, grados Centígrados (Sacarpati y col., 1983).

Aunque el almidón de la quinua inicia la gelatinización a una temperatura similar a la del trigo, su comportamiento pastoso es considerablemente diferente y a iguales concentraciones de almidón muestra viscosidades más elevadas que el almidón del trigo cuando todo se mide en un amilografo Brabender (Atwell y col., 1983).

La compañía Nutrasweet explotó las propiedades de la quinua y registró una patente europea para hacer una crema sustituta de carbohidratos a partir del almidón de quinua (Singer y col., 1990).

4.1.4.3. Grasa y Energía

En cuanto a la grasa, la quinua contiene de 4 a 9 %, siendo una rica fuente para consumo humano debido a sus ácidos grasos poliinsaturados y siendo relativamente alto comparado con otros granos. La grasa está concentrada básicamente en el germen, el cuál representa el 25 al 30% del peso del grano. En el estudio del aceite de la quinua realizado por De Bruin (Bruin, 1964), se puede apreciar la calidad y cantidad de sus ácidos grasos, de la cuál, el 50% es de ácido linoleico, considerado muy importante en la dieta humana, encontrándose la siguiente composición:

Acido oleico	48.0 %
Acido linoleico	50.7 %
Acido linolénico	0.80 %
Acidos grasos no saturados	0.46 %

El aceite de la quinua al igual que el aceite de maíz, ver TABLA II.3., presenta alta concentración de ácido linoleico (considerado muy importante en la dieta humana) y ácido linolénico, ambos susceptibles a la rancidez, que es de alguna manera evitada

II. MARCO TEÓRICO

por la presencia de concentraciones altas de antioxidantes naturales como son los isómeros de tocoferol.

Se ha demostrado, que el aceite de la quinua contiene 690 a 740 ppm de alfa tocoferol y 790 a 930 ppm de gama tocoferol (Bruin, 1964); valores muy parecidos al del aceite de maíz, lo que nos llevaría a concluir que el aceite de la quinua presenta una actividad oxidativa similar.

TABLA II.3. Comparison of the compositions of quinoa and maize oils**

Variable		Quinoa	Maíz
Fatty acids (as % of lipid fraction):			
Myristic	(C14:0)	0,2z ---	0,2x
Palmitic	(C16:0)	9,9z 11y	11,2x
Palmitoleic	(C16:1)	0,1z ---	0,1x
Stearic	(C18:0)	0,8z 0,7y	2,1x
Oleic	(C18:1)	24,5z 22y	29,8x
Linoleic	(C18:2)	50,2z 56y	55,0x
Linolenic	(C18:3)	5,4z 7y	0,9x
Arachidic	(C20:0)	0,7z ---	0,4x
Specific gravity		0,891w	0,918 – 0,925v
Refractive index		1,464w	1,464 -1,468 u
Saponification value		190w	189 – 191v
Iodine value (Wijs)		129w	125 – 128v
Unsaponifiable matter (%)		5,2w	0,8 – 2,9u
Sterols (%)		1,51w	0,85 – 1,42t,s
Lecithins (%)		1,8w	1 – 3r

** Koziol, M.J. 1993. Quinoa: A potential new oil crop.p. 328-336.In:J.Janick and J.E. Simon (eds),New crops. Wiley, New York
 zU. Bracco (pers. Commun.).
 ySanchez Marroquín (1983).
 xData compiled from Leibovitz and Ruckenstein (1983) and Weiss (1983).
 wDe Bruin (1964).
 vMounts and Anderson (1983).
 uEckey (1954).
 tSouci et al. (1086).
 sWeber (1983).
 rPatterson (1989).

2.1.4.4. Vitaminas

II. MARCO TEÓRICO

En el TABLA II.4. aparecen los valores de las vitaminas así como el valor máximo y mínimo y el número de análisis.

Se puede observar que la quinua en general, no es una buena fuente de estos nutrientes, aunque es una fuente relativamente buena de vitamina E y varias de las vitaminas B.

TABLA II.4. Vitaminas de los granos de quinua (mg/100g)

Vitaminas	Mínimo	Máximo	No. de Análisis
Vitamina A	0.24	0.36	2
Carotenos			1
Tiamina	0.05	0.36	7
Riboflavina	0.20	0.42	7
Niacina	0.16	1.60	7
Vitamina C	3.00	8.50	3
Vitamina E	4.60	30	3
Vitamina B1		28	
Vitamina B3		7	

FUENTE: J.A. Romero: Evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de 8 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis, INCAP, Guatemala, 1981.

2.1.4.5. Minerales (Yúfera, 1998)

Al igual que las vitaminas, algunos minerales son indispensables para el buen funcionamiento del organismo humano y su carencia puede provocar serios problemas de salud.

Algunos de los principales cationes que los integran son: calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, cobre, manganeso, cobalto cinc y molibdeno; por su parte, los aniones más importantes son fluoruro, fosfato, yoduro y cloruro.

Muchos de ellos actúan como cofactores de enzimas, para controlar la presión osmótica de fluidos celulares y del pH, o como parte constitutivas de algunas macromoléculas. El cuadro 2. 1 es un resumen de las principales funciones

II. MARCO TEÓRICO

biológicas de varios minerales, pero dada su gran importancia, el calcio y el fósforo se estudiarán con más detalle.

Los minerales abundan en todos los alimentos; sin embargo, a diferencia de las vitaminas que se sintetizan in situ, el contenido de las sales depende en gran medida del tipo de suelo y del agua utilizada en el cultivo de vegetales, tanto para el consumo humano como los forrajeros.

Es decir, las plantas sólo contendrán aquellos elementos químicos que se les proporcione como parte de su nutrición, por el suelo (incluyendo fertilización, plaguicidas, etc.) o por irrigación (lluvia, río, pozo etc.). En cada caso la concentración y el tipo de mineral será diferente y esto se reflejara en el alimento que se cosecha, al igual que el individuo o el animal que lo consume.

La ingestión excesiva de sales y minerales puede causar graves daños al organismo humano; por esta razón, en los últimos años se ha desatado una gran controversia en torno a la dieta de algunos países que ingieren cantidades elevadas de cloruro de sodio o sal común.

En forma conjunta el cloro y el sodio forman parte del plasma sanguíneo y del líquido extracelular que rodea las células, en donde ayudan a mantener la presión osmótica, la acidez y la carga eléctrica. Además, el cloro se utiliza para la síntesis del ácido clorhídrico estomacal, mientras que el sodio actúa en la contracción muscular y en la conducción nerviosa.

Debido a que son hidrosolubles, la mayor parte de las pérdidas de los minerales se producen por lixiviación en cualquier etapa en la que exista un contacto del agua con el alimento.

CUADRO 2.1. Función biológica de los principales elementos para la nutrición

II. MARCO TEÓRICO

Elemento	Función
Fósforo	Formación de huesos, fosforilación de glucosa, transporte de ácidos grasos, formación de ATP.
Magnesio	Formación de huesos y dientes, coenzima del metabolismo de carbohidratos y proteínas, en líquido intracelular
Sodio	Principal cation del líquido extracelular, control de la presión osmótica, balance ácido base, permeabilidad de las células, transmisión electroquímica
Potasio	Principal cation del líquido intracelular, balance ácido base, formación de glucógeno y síntesis de proteínas
Cloro	Principal anión del líquido extracelular, digestión gástrica por HCl, balance cloruro-bicarbonato
Azufre	Constituyente de las células, activador de enzimas, reacción de detoxificación
Hierro	Formación de hemoglobina, oxidación celular por citocromos, sistema inmunológico
Cobre	En enzimas, síntesis de hemoglobina, absorción y transporte de hierro, formación de huesos constituyente del tejido cerebral
Yodo	Síntesis de Tiroxina (hormona tiroidea) que controla la oxidación celular
Manganeso	Formación de urea, metabolismo de proteínas, oxidación de glucosa, síntesis de ácidos grasos
Cobalto	Constituyente de la Vit. B ₁₂ , esencial en la formación de glóbulos rojos
Cinc	En-enzimas carboxipeptidasas y dehidrogenasas, ayuda a almacenar la hormona insulina
Molibdeno	Conversión de purinas a ácido úrico oxidación de aldehídos
Flúor	Asociado con salud dental
Selenio	Metabolismo de grasas
Cromo	Metabolismo de glucosa.

Fuente: Elaboración propia, en base a información secundaria

En el TABLA II.5. aparecen los valores de algunos elementos metálicos contenidos en la quinua denominados minerales así como el valor máximo y mínimo y el número de análisis.

TABLA II.5. Algunos elementos metálicos de los granos de quinua (mg/100g)

Minerales	Mínimo	Máximo	No. de Análisis
Calcio	46.40	340	12
Fósforo	286.00	472	11
Hierro	3.10	23.8	11
Potasio	385.00	1145	11
Magnesio	204,2	-	-
Zinc	7,47	-	-
Manganeso	2,21	-	-

FUENTE: J.A. RomeroR: Evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de 8 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis, INCAP, Guatemala, 1981.

2.1.4.6. Saponinas

La presencia de saponinas en la quinua fue descubierta en 1.917 por Gonzáles (Machicado, 1965) y posteriormente fueron aisladas de estas saponinas un principio activo llamado ácido quinólico por su autor, el alemán Genermann (Tapia 1979).

F. Mizui, R. Kasai, K Ohtani y O. Tanaka (Mizui y col.,1988), publicaron en 1988 un trabajo de separación e identificación de saponinas de la quinua, en el que la cascarilla separada del grano de quinua inicialmente fue extraída con metanol. El extracto metanólico fue sometido a cromatografía en columna a través de un polímero de alta porosidad, eluyéndose con agua y mezclas de agua-metanol. Las saponinas totales así obtenidas fueron separadas y cuantificadas por cromatografía en silicágel, seguida por cromatografía líquida de alta resolución, obteniéndose 6 saponinas que fueron posteriormente elucidadas por espectrometría de resonancia magnética nuclear (RMN-H y RMN-C).

Ellas son: 28-O-beta-glucopyranosyl ésteres de hederagenin 3-O-beta-glucopyranosyl-(1-3)-alfa-arabinopyranoside y 3-O-beta-glucopyranosyl-(1-3)-

beta-galactopyranoside, y pyranosyl-(1-3)-alfa-arabinopyranoside y 3-O-Beta-glucopyranosyl-(1-3)-beta-galactopyranoside.

Por hidrólisis de estas saponinas se obtuvieron 2 saponinas, cuyas estructuras también fueron elucidadas por metodología similar. La mayor concentración de saponinas se encontró en el eluato de metanol al 85 %, con un contenido de saponinas totales de 1,08 % referido a la cascarilla original (Mizui y col.,1988).

En Bolivia, se desarrollo un método colorimétrico para la cuantificación global de saponinas en muestras de quinuas (Morales y col., 1987). El método desarrollado involucra la extracción apropiada de saponinas, cuya cuantificación se realiza utilizando el Sudán III (1((diazenyl)del fenilo4(del phenyldiazenyl))naphthalen-2-ol) como agente colorimétrico. La solubilidad de éste agente en agua resulta ser proporcional a la concentración de saponinas presentes. El método es específico para el caso de quinuas.

2.2. Denominación Geográfica

La certificación de origen y calidad son un requisito exigido cada vez más por los consumidores de mercados extranjeros. Por ello y dada la importancia de contar con ventajas competitivas que nos permitan tener presencia y crecer en estos mercados, se hace necesaria la Denominación Geográfica. Lo que a continuación se describe está basado en los procedimientos universales de certificación de origen, explicados por la doctora June Thomas (June, 2004).

Las denominaciones geográficas distinguen al producto por su origen geográfico y tienen además la función de garantizar la calidad del mismo en el marco de la política económica, comercial y fiscal del Estado y presupone la auto gestión de los productores.

Las denominaciones geográficas se consideran dentro del régimen de propiedad industrial y dentro de las marcas colectivas, significan que un grupo de empresarios son capaces de seleccionar o de trabajar sobre un protocolo de

II. MARCO TEÓRICO

calidad en función de un nicho de mercado o de una demanda de mercado que han podido detectar y que van a poder certificar con un sello, donde consta el nombre de la región de donde proviene el producto y además, van a tener que presentar garantías del control del proceso y del producto.

Las denominaciones geográficas son: La indicación geográfica protegida y la denominación de origen protegida.

2.2.1 La Indicación Geográfica Protegida:

Significa el nombre de una región, un lugar específico, o en casos excepcionales un país usado para describir un producto agropecuario o alimentario. Dicho producto debe ser originado en esa región, lugar específico o país. Un ejemplo es el Champagne.

2.2.2 Denominación de Origen Protegida:

Significa el nombre de una región, un lugar específico, o en casos excepcionales un país usado para describir un producto agropecuario o alimentario. Dicho producto debe ser originado en esa región, lugar específico o país, el cual posee una cualidad específica, reputación u otras características atribuibles al área geográfica de origen, a la producción y/o procesamiento y/o preparación que se realiza en el área geográfica definida.

La denominación de origen protegida es mucho más exigente, porque aquí la calidad o las características son esencialmente debidas al medio geográfico, o sea que no es que tenga alguna característica de la región, es que la característica particular del área, ubicación, latitud, altitud, vientos predominantes, hacen que el producto tenga una característica que es exclusiva y que no pueda ser producida en otra región del país o del mundo.

Es importante hacer notar que en una denominación de origen protegida la materia prima más el proceso de producción y la parte artesanal o sea el factor humano involucrado es irrepetible. Si fuera posible de lograr en otra región del

mundo ya no se puede utilizar la denominación de origen protegida. Existen muchos ejemplos como vinos, quesos, aceites de oliva, mieles de abejas, entre otros.

2.2.3 Cuando Utilizar las Denominaciones Geográficas:

Cuando consideramos que puede real y efectivamente haber un sistema de producción, que puede transmitir al consumidor la característica natural de ese sistema de producción, pero que además el producto tenga una estrecha relación con las características que son atribuibles al ambiente.

Hay que demostrar técnicamente que el ambiente produce en el producto o en el proceso características especiales que pueden ser transferidas.

Sólo así se garantiza lo que estamos diciendo y si realmente no se puede justificar esto, no se puede nominar a un producto con el origen geográfico diciendo que proviene de una zona especial, limitada, y que ese producto tiene características propias de esa zona.

2.2.4 Las Ventajas de Utilización de las Denominaciones Geográficas

En primer lugar permiten una clara orientación al consumidor. No habría motivo para un emprendimiento de este tipo si no es posible detectar una clara demanda del producto natural o de la necesidad de producir un alimento con características de naturalidad.

Proteger al consumidor. En el sello de calidad que es colocado en el producto, estamos entregando una garantía de que el proceso y el producto están bajo control. Para el productor o beneficiador. Es un gran incentivo para que un número importante de empresarios trabajen en función de esa calidad, y trabajen en forma coordinada a través de la cadena para agregar valor al producto.

Jerarquizar la región. De hecho cuando estamos utilizando el sello, cuando estamos utilizando denominaciones geográficas, lleva explicitado el nombre de la región del cual proviene. Esto permite reconocer en el sistema de producción caracteres que deben preservarse. Si se produce un producto en una región y ese sistema de producción se jerarquiza y se cotiza en los mercados a un valor alto, hace que nosotros tengamos un incentivo para seguir produciendo en esa forma.

2.2.5 Legislación

El tema de legislación esta especialmente en relación a la globalización del comercio internacional. Se debe informar el uso de las indicaciones geográficas, sobre todo para que estén protegidas a nivel internacional y para que no exista el fraude. El antecedente más remoto es el Acuerdo de Lisboa de donde se toman los lineamientos para trabajar sobre el Reglamento 2081/992 de la Unión Europea, que en realidad es el que crea las bases para poder proteger las denominaciones geográficas a nivel de la Comunidad.

Las primeras disposiciones que provienen del Acuerdo de Lisboa es que para ser reconocido en cualquier otro país, cualquier emprendimiento o cualquier sello de denominación geográfica, debe ser primeramente reconocido en el país de origen, o sea que debe haber un reconocimiento en el país de origen y una protección equivalente a la Unión Europea; significa que debemos ordenarnos de forma similar a las exigencias internacionales. Esta denominación geográfica debe ser inscrita en el Registro Internacional bajo los requerimientos o las disposiciones que existen.

Las denominaciones que serían factibles de ser reconocidas a nivel internacional actualmente, y que justamente parten de este Reglamento, son la denominación de origen protegida y la indicación geográfica protegida.

Por último la necesidad de uniformizar este criterio para proteger las denominaciones de origen es volcado en la Organización Mundial de Comercio a través de los Acuerdos de la Ronda Uruguay del GATT.

2.2.6 Reconocimiento Internacional

En el ámbito internacional, el reconocimiento a la protección de las denominaciones geográficas se efectúa, principalmente, mediante la representación gubernamental de los Países que pueden actuar en nombre de los productores de los distintos gremios, a fin de obtener protecciones recíprocas a las denominaciones geográficas con otros Países que buscan una protección semejante de sus productos tradicionales. Un ejemplo es México ya que la titularidad de las denominaciones geográficas está bajo la tuición del Estado.

2.2.7 Etapas para la Implementación del Proyecto

En primer lugar es muy importante tener la legislación nacional resuelta. El primer requisito es que el producto sea reconocido en el propio país; para esto hace falta que haya un marco legal, una ley nacional de denominaciones de origen o de denominaciones geográficas a nivel nacional que reconozca las denominaciones en el propio país y digamos, solicite su reconocimiento a nivel internacional.

En segundo término definir el ámbito geográfico y jurisdiccional de aplicación, en este caso, lo que se hace es estudiar el área, estudiar las características morfológicas, estudiar las características que se refieren a pasturas, a suelo, a calidad de agua; todo lo que se refiere a poder caracterizar la región desde el punto de vista morfológico y geográfico.

Entonces, lo que tenemos que lograr es delimitar un área de producción y elaboración cuyo ambiente geográfico con sus características naturales, factores humanos y formas de producir puedan traducirse en una calidad de producto uniforme.

Estas características deben poder evidenciar que el producto sea originado en el área geográfica bajo las condiciones acordes a los requisitos para ser

II. MARCO TEÓRICO

considerado denominación de origen protegida o indicación geográfica protegida. Es aquí donde evidentemente se tiene que dar, y se tiene que poder probar técnicamente una relación entre el proceso de producción, materia prima y ambiente, para poder utilizar alguna de estas certificaciones.

La tercera etapa es constituir el Consejo Regulador, que es el órgano que se ocupa de la administración, de llevar adelante la denominación de certificaciones de origen. Tiene amplias funciones y si bien se desenvuelve en el ámbito del Derecho Privado tendría que estar regulado a nivel de la legislación de denominaciones de origen.

El Consejo Regulador tiene como finalidad en primer lugar el gobierno y la administración de la denominación geográfica. El Consejo Regulador está integrado por representantes de los mismos productores y beneficiadores que están decididas a certificar para una denominación geográfica. Lo que hacen es trabajar para elaborar los reglamentos y verificar su cumplimiento, presentar los reglamentos para su aprobación, vigilar y proteger la zona contra fraudes, organizar el servicio de inspección y control, organizar la Comisión para la calificación de sus productos, fijar las normas para financiamiento de sus actividades, abrir y controlar los registros para productores y beneficiadores. La sanción también del Consejo Regulador es dentro del reglamento especificar, lo que se denomina el Protocolo de calidad.

El Protocolo de Calidad es una norma voluntaria, entonces son ellos los que ponen directamente los parámetros de calidad que quieren alcanzar y la forma de producir.

Allí mismo en el Protocolo de Calidad deben especificar además la zona apta para la producción, las características de esa forma de producir, condiciones de producción, características químicas, conservación recolección y transporte, condiciones relativas a los procesos de beneficiado, entre otros.

Para llevar adelante un proyecto de denominación geográfica hay que demostrar que está regulada por el Estado, que existe una gestión de parte de los productores y beneficiadores, que se administra a través de sus Consejos Reguladores y por supuesto debe poder demostrarse transparencia a través de dos controles, uno la inspección, por la cual debe haber un plan de inspección, y

II. MARCO TEÓRICO

el otro son test de laboratorio para comprobar la calidad y el control de calidad del producto.

La inspección es para controlar el proceso y los test para controlar el producto. Dentro de las regulaciones internacionales se exige que haya un plan de inspección, el cuerpo de inspección debe ser creado dentro de los tres meses posteriores de organizado el Consejo Regulador y de haber comenzado a trabajar en el proyecto, teniendo como función el asegurar que los productos que utilicen el sello de calidad cumplan con el reglamento.

Las exigencias mencionan que debe haber por lo menos dos autoridades de inspección, o un cuerpo privado aprobado para este propósito. Las personas designadas deben ofrecer garantías de objetividad e imparcialidad, que es un punto muy importante para cualquier emprendimiento de denominaciones geográficas.

2.3. Denominación de Origen en Bolivia

El 8 de noviembre del 2001, mediante Decreto Supremo N° 26391, se crea el Sistema Boliviano de Productividad y Competitividad con el objetivo de generar e implementar políticas tendientes a mejorar la productividad y competitividad del país y desarrollar el sector productivo boliviano utilizando una visión global y sistémica.

Es con la firma de esta Institución, de otras instituciones del sector público, empresarios y gremios de la cadena productiva de la quinua que se firma el documento de Competitividad para la Cadena Productiva de la Quinua, donde es puesta a consideración la definición de *Denominación de Origen*, entendiéndose a la misma como:

Una zona geográfica determinada, la cuál es utilizada para identificar el origen de un producto cuya calidad, reputación u otras características se deben exclusivamente al medio geográfico en el cuál se produce (SENAPI, 2002). En el mismo documento se mencionan las siguientes ventajas:

II. MARCO TEÓRICO

1. El reconocimiento de la calidad,
2. la protección del consumidor,
3. la protección del productor,
4. tutela,
5. como signo distintivo,
6. derecho exclusivo,
7. propiedad colectiva,
8. protección del patrimonio, biodiversidad y la cultura tradicional y popular.

En este marco y en base de los acuerdos entre el sector productivo quinero y la Fundación AUTAPO, en el año 2006 se ha establecido retomar el trabajo referente a continuar y consolidar la Denominación de Origen de la Quinoa Real de Bolivia, para su reconocimiento formal por el gobierno de Bolivia, y posteriormente buscar su equivalencia con otros países. (FAUTAPO, 2008).

En junio de 2008 se presenta los resultados terminados de la consultoría sobre la Denominación de Origen de la Quinoa Real cuyo objetivo fue: *“Formular una propuesta de justificación técnica para la Denominación de Origen para la Quinoa Real, producida principalmente en el altiplano sur de Bolivia, en las regiones circundantes a los salares de Uyuni y Coipasa, para con ello lograr su protección internacional, respaldar su calidad y fortalecer su grado de diferenciación con respecto a quinoas comercializadas internacionalmente por otros países”*

(FAUTAPO, 2008).

2.4. Alimento Genuino o Normal (Nonzioli, 2008)

Según el Código Alimentario Argentino (CAA) genuino o normal es aquel alimento que no contiene sustancias no autorizadas ni agregados que configuren una adulteración, siempre y cuando el mismo sea expandido bajo la denominación y rótulo legal.

Asociar el término genuinidad con autenticidad o, lo que es lo mismo, ausencia de adulteración surge de una manera casi natural.

2.4.1 Agregados que configuren una adulteración

II. MARCO TEÓRICO

- Mezcla con otros tipos de quinuas
- Mezcla con otros tipos de cereales

2.4.2 Consecuencias de la pérdida de genuinidad

- Fuertes pérdidas económicas (para fraccionadores y consumidores que pagan alto precios por el producto, rechazos en ventas de exportación)
- Pérdidas en beneficios para la salud (consumidores)

III

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.

3.1. Zonas de producción

La gran cordillera de los Andes atraviesa Bolivia con sus dos ramales, la cordillera Occidental o región volcánica y la cordillera Oriental, que encierran el altiplano boliviano, que es una planicie de altura entre los 3.600 y 4.100 m con varias serranías, que se extiende en cerca de 178.662 km². (16.4 % del territorio nacional) Corresponde a una antigua depresión lacustre entre la Cordillera Real al Este y la Cordillera Oriental (Servant y col., 1978) de la cual quedan solamente la cuenca endorreica del lago Titicaca, lagos y salares altiplánicos.

Fig. III.1. El altiplano Boliviano



Fuente: Oscar Mendieta Ch. Nelson Ramos Santalla

Está dividido en tres subregiones: El altiplano norte Altiplano semihúmedo con 13.600 km², el altiplano central semiárido con 91.079 km² y el altiplano sur árido con 73.983 km².

El altiplano no es precisamente una llanura plana sino que está surcado por varias serranías (Montes de Oca, 1989).

La baja precipitación constituye la diferencia más importante entre estas tres subregiones (Claurey col., 1991).

La pluviometría decrece de 800 a 200 mm y la temperatura promedio baja de 10°C a 5°C según un gradiente Norte-Sur, lo que define una aridez creciente hacia el Sur

Se puede distinguir entonces el Altiplano norte con precipitaciones de 600 a 800 mm, el Altiplano central con precipitaciones promedio de 400 mm (300-500 mm) y el Altiplano sur con precipitaciones inferiores a 300 mm, que corresponden respectivamente a la puna semi-húmeda, semiárida y árida (Hellenberg, 1981) .

En el altiplano boliviano se produce fundamentalmente la quinua (*Chenopodium quinoa*) que es de vital importancia debido a que es una planta que se adapta muy bien a las condiciones extremas de la región, luego viene en importancia la papa, cebada y habas. En cuanto a la ganadería toma importancia la crianza de las llamas, alpacas y el ganado ovino, principalmente.

El pastoreo es de tipo abierto o libre en el caso de las llamas y conducido o vigilado en el caso de las ovejas. Hay un manejo de las áreas de pastoreo durante el año, que está en función del ciclo de los cultivos, del clima y de la disponibilidad del agua (Monasterio, 1996).

3.1.1.El Altiplano Norte

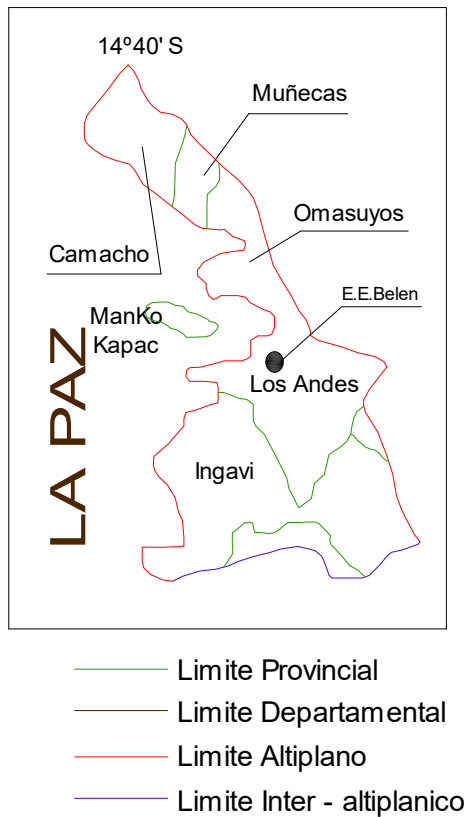
Geográficamente esta ubicado en el departamento de La Paz, cubriendo las provincias Los Andes, Omasuyus, Ingavi, Muñecas, Camacho, a una altitud de 3700 a 4000 msnm, con una precipitación anual de 538 mm, temperatura promedio anual de 7.7°C y una humedad relativa del 62%. (Gandarillas, 1993).

Los suelos son profundos de textura franca, franca limosa, franca arcillosa, también hay suelos con deficiente drenaje. que no permiten el desarrollo de la quinua. Por su cercanía con el lago Titicaca, las aguas subterráneas se encuentran a una profundidad de entre 4 y 6 metros de la superficie y son mayormente salobres.

La actividad económica principal en la zona es la agropecuaria, dificultada por las fuertes heladas y sequías y, en algunos casos, por la salinidad de las tierras. A pesar de estas adversas condiciones para la agricultura, se cultivan varias especies. Las más comunes son papa, quinua, cebada, avena, haba, arvejas, papa lisa, oca, cañahua, alfalfa y hortalizas.

La tecnología utilizada para la producción agropecuaria por lo general es tradicional, con un sistema de trabajo de apoyo mutuo denominado ayni.

Fig. III.2. El altiplano Norte



Fuente: Oscar Mendieta Ch. Nelson Ramos Santalla

Esta región está habitada principalmente por descendientes de los aymaras, que conservan su cultura en forma muy arraigada a pesar de las sucesivas conquistas y los cambios políticos y económicos, siendo su situación en gran parte de alta marginalidad por lo limitado de sus recursos y la falta de tecnologías adecuadas.

La vegetación predominante son los pastos y arbustos de consistencia dura, como los de la especie *stipa* (paja brava).

En cuanto a la ganadería, hay ganado bovino, ovino, porcino, camélidos (llamas, alpacas y vicuñas), jumentos o animales de carga y aves (Yapu, 2008).

Esta ganadería está poco desarrollada por el paulatino deterioro de los suelos agrícolas, la erosión y el minifundismo que a más de 50 años de la reforma agraria, que intentó redistribuir equitativamente la tierra en Bolivia, se generó un proceso de fragmentación de la tierra tan extremo y acelerado en el altiplano y valles que, según un informe del Ministerio de Agricultura, surgen cada año 16 mil nuevos minifundios, lo que dificulta los procesos productivos y los torna inviables en muy corto tiempo.

Hoy, en promedio, cada campesino del altiplano y los valles tiene mucho menos tierra que antes, por lo que se está dando también un acelerado proceso de abandono de las áreas tradicionales y una fuerte migración del campo a las ciudades y del occidente al oriente.

Esa actividad necesita de pastizales y tierras de pastoreo que son escasas en la región, y también faltan tecnologías aptas para ese contexto geográfico y climático.

Sin embargo debemos mencionar que la crianza de la alpaca en esta región, es de 140000 cabezas, lo que representa cerca del 47% de todo el ato boliviano (Econoticiasbolivia, 2006).

Las muestras de quinua del altiplano norte recolectadas para el presente estudio corresponden a la localidad de Tunusi y Belén ubicada a 4 km de la localidad de Achacachi ambas pertenecientes a la provincia Omasuyus del departamento de La Paz. ubicadas a una altitud de 3816 m snm, con una precipitación anual de 420 mm, temperatura promedio anual de 9,2° y un rendimiento en cuanto a quinua se refiere de entre 500 a 200kg/ha.

3.1.2. Altiplano Central

Pertenece al Altiplano semiárido, el ámbito topográfico corresponde a serranías y mesetas de material coluvional con intrusiones volcánicas (Montes de Oca, 1997). Se caracteriza por presentar una estación relativamente seca entre abril y noviembre y una estación húmeda de diciembre a marzo.

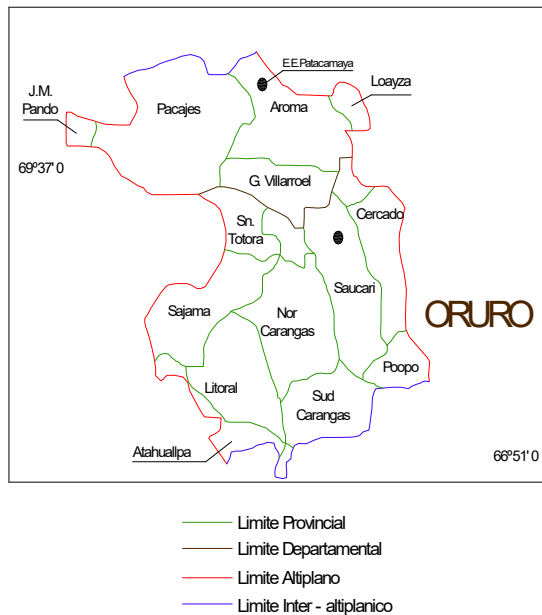
La vegetación típica son los arbustos resinosos de tola (*Baccharis incarum*) y *Parastrephia lepidophylla*, un pequeño arbusto espinoso (*Tetraglochin cristatum*) y gramíneas en macollo (*Stipa ichu* y *Festuca dolichophylla*).

Los suelos son en general muy poco desarrollados y pobres de horizontes orgánicos con textura arena franca y franco arenosa; el pH del suelo de neutro a moderadamente ácido, el porcentaje de carbono orgánico es bajo y no excede al 2%. dos por ciento (Salm, 1983).

Los suelos cubiertos por thola son ligeramente más ácidos y donde predominan las gramíneas son salinos o alcalinos, dependiendo del contenido de sales y la composición química de estos. Son frecuentes los suelos arenosos, que cubren extensiones considerables, donde la vegetación está constituida por la paja brava.

Algunas áreas se especializan el cultivo de la quinua, papa y cebada principalmente. La crianza de ganado ovino, se practica con mayor intensidad en la parte oriental de la zona, a lo largo del río Desaguadero y las cercanías de la ciudad de Oruro. mientras la crianza de alpacas, hacia el occidente (Gandarillas, 1993).

Fig. III.3. El altiplano Central



Comprende las provincias Loayza, Pacajes, Aroma (Patacamaya), G. Villaruel todas pertenecientes al departamento de La Paz y Totorá, Sajama Cercado, Saucari, Nor Carangas, Sur Carangas, Litoral y Poopó provincias pertenecientes al departamento de Oruro.

El clima es oligotérmico con temperaturas medias anuales entre de 5,7°C y grandes amplitudes térmicas entre el día y la noche, la precipitación media anual es de 340 mm y una humedad relativa de 50% (Salas, 1987).

Fuente: Oscar Mendieta Ch. Nelson Ramos Santalla

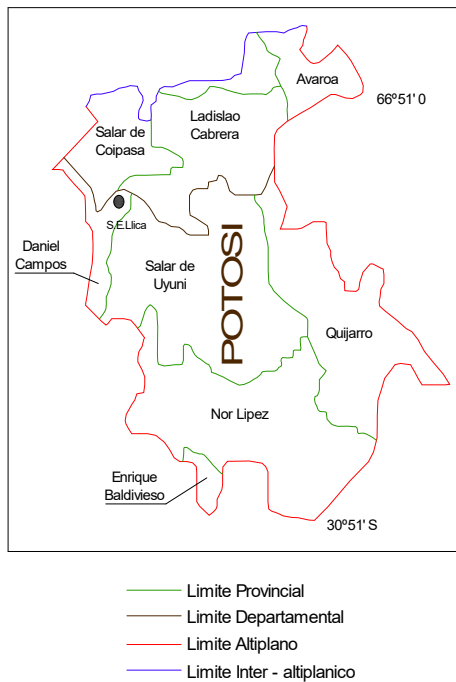
3.1.3. Altiplano Sur

Abarca las provincias Orureñas: Ladislao Cabrera y Abaroa (parte) y las provincias potosinas: Quijarro, Daniel Campos, Nor y sur Lipez y la provincia Enrique Baldiviezo.

Se encuentra a más de 3.600 m/snm. y cuenta con una superficie total de 80.600km², encontrándose en ella el Salar de Uyuni que se extiende en una superficie considerable.

Esta zona es la más seca del país, donde la época de lluvia recién comienza a principios del mes de enero con una variación en la precipitación anual de un promedio de 150 milímetros (Salas, 1987).

Fig. III.4. El altiplano sur



Fuente: Oscar Mendieta Ch. Nelson Ramos
 Santalla

En cuanto a sus suelos, estos se caracterizan por ser arenosos, sueltos, de baja fertilidad natural y susceptibles a la erosión eólica, son suelos procedentes de material volcánico y con excesiva presencia de sales. En algunos lugares la erosión eólica es muy severa, observándose la formación de dunas.

En esta región se encuentra la zona de Salinas de Garci Mendoza que se ha especializado en la producción de quinua real, que tiene características únicas, alta calidad y de gran demanda internacional.

Debemos mencionar que el altiplano sur es el mayor productor de quinua pues más del 60 % de la producción nacional, viene de esa región. En esa zona existen 55 mil hectáreas cultivables y de esta superficie cada año se destinan al cultivo de este grano 22 mil hectáreas, lo que genera un volumen de 13,500 toneladas de quinua.

Durante la época de cultivo de la quinua, es decir los meses de diciembre a marzo, la temperatura promedio es de 11°C, teniendo una máxima registrada de 18°C; mientras que los meses de abril a julio la mínima media llega a 11°C. (Gandarillas, 1993).

Con base en estudios paleoclimáticos se ha podido establecer que el clima de esta región casi siempre ha sido seco, con leves oscilaciones de mayor humedad.

Estas condiciones climáticas extremas hacen que esta región sea la más despoblada de Bolivia.

José Luis Soto, técnico del Área Socioeconomía y Género Regional Altiplano, de PROINPA, confirmó que el único lugar donde se puede producir quinua real con todas sus propiedades y características es el Altiplano Sur del país, que es la zona que circunda los salares de Oruro y Potosí.

La crianza de llamas en el pasado era una actividad muy importante, ahora con el ingreso del tractor, los precios elevados de la quinua, esta actividad a pasado a segundo plano.

IV

DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Muestras

Las muestras fueron obtenidas de una colección de Quinuas provenientes del altiplano norte y sur de Bolivia, realizada por el Programa Quinua CLIFA-IDR[†] - Facultad de Agronomía de la UMSA, la recolección se realizó en los terrenos de cultivo. Cada muestra se mantuvo en bolsas de plástico en una cantidad aproximada de 100 g.

Para cada muestra se completó un formulario indicando la procedencia, la fecha, localidad de recolección y otros antecedentes, tales como: uso de agroquímicos y compuestos químicos para el control de enfermedades. En las tablas III.1, III.2 y III.3 se puede ver el detalle de cada muestra que fue sometida a estudio en el presente trabajo.

* Este proyecto se dedica a analizar el comportamiento agronómico en las zonas mencionadas del altiplano boliviano

TABLA IV.1. Procedencia: Belén La Paz Bolivia 03-04

IRD – CLIFA	VARIEDAD	COD.	PROCEDENCIA	SITIO DEL CULTIVO
V 01	CHUCAPACA	03-04	IBTA/PROINPA	BELEN
V 02	SURUMI	03-04	IBTA/PROINPA	BELEN
V 03	KAMIRI	03-04	IBTA/PROINPA	BELEN
V 04	L-2 HUGANDA	03-04	PGA-FAUMSA	BELEN
V 05	L-4 JIWAKI	03-04	PGA-FAUMSA	BELEN
V 06	L-7 AGRO 2000	03-04	PGA-FAUMSA	BELEN
V 07	TOLEDO NARANJA	03-04	REAL (LÍA-SGM)	BELEN
V 08	REAL BLANCA	03-04	REAL (LÍA-SGM)	BELEN
V 09	TOLEDO ROJO	03-04	REAL (LÍA-SGM)	BELEN
V 010	K'ELLU	03-04	REAL (LÍA-SGM)	BELEN

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

TABLA IV.2. Procedencia: TUNUSI La Paz Bolivia 04-05

IRD - CLIFA	VARIEDAD	COD.	PROCEDENCIA	SITIO DEL CULTIVO
V 01	CHUCAPACA	04-05	IBTA/PROINPA	TUNUSI
V 02	SURUMI	04-05	IBTA/PROINPA	TUNUSI
V 03	KAMIRI	04-05	IBTA/PROINPA	TUNUSI
V 04	HUGANDA	04-05	PGA-FAUMSA	TUNUSI
V 05	JIWAKI	04-05	PGA-FAUMSA	TUNUSI
V 06	BELEN-2000	04-05	PGA-FAUMSA	TUNUSI
V 07	PISANKALLA	04-05	REAL (LÍA-SGM)	TUNUSI
V 08	REAL BLANCA	04-05	REAL (LÍA-SGM)	TUNUSI
V 09	TOLEDO ROJO	04-05	REAL (LÍA-SGM)	TUNUSI
V 010	PANDELA	04-05	REAL (LÍA-SGM)	TUNUSI

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

TABLA IV.3. Procedencia: Salinas de Garcia Mendoza (Irpani) – Oruro Bolivia 03-04

IRD – CLIFA	VARIEDAD	COD.	PROCEDENCIA	SITIO DEL CULTIVO
V 01	CHUCAPACA	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA
V 02	SURUMI	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA
V 03	KAMIRI	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA
V 04	L-4 HUGANDA	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA
V 05	L-4 JIWAKI	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA
V 06	L-7 AGRO 2000	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA
V 07	TOLEDO NARANJA	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA
V 08	REAL BLANCA	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA
V 09	TOLEDO ROJO	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA
V 010	K'ELLU	03-04	REAL (LÍA-SGM)	S.DE GARCI MENDOZA

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

4.2. Caracterización de Elementos Metálicos en Quinuas

Para cada una de las muestras de quinuas seleccionadas se determinó los contenidos de aluminio (Al), arsénico (As), azufre (S), boro (B), bario (Ba), berilio (Be), cadmio (Cd), calcio (Ca) cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), estroncio (Sr), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg); manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), fósforo (P), plomo (Pb), potasio (K), rubidio (Rb), sodio (Na), silicio (Si), titanio (Ti), vanadio (V), zinc (Zn) y zirconio (Zr). Los contenidos de estos elementos se determinaron a través de un espectrómetro de emisión óptica de plasma inductivamente acoplado (ICP-OES), adaptando y evaluando el método basado en la destrucción de la materia orgánica.

Para ello se procedió en primer lugar a determinar la humedad y determinar las cenizas de las quinuas tal como se detalla a continuación.

4.3 Determinación del Contenido de Humedad (Norma Boliviana, 1996)

Se pesó un pesafiltros y su tapa a 100°C por 30 minutos. Se enfrió en desecador y se volvió a pesar.

En el pesafiltros tarado se pesó 5g. de la muestra y se colocó destapado dentro de la estufa, así como la tapa del mismo.

Se llevó la temperatura de la estufa a 120°C por el espacio de una hora. Antes de sacar el pesafiltro de la estufa, se colocó la tapa y se pasó al desecador. Una vez alcanzada la temperatura ambiente se pesó. El contenido de humedad en la muestra se expresa en porcentaje de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{G_2 - G_3}{G_2 - G_1} * 100$$

Donde:

G1 = Peso en gramos del pesafiltros vacío con su tapa

G2 = Peso en gramos del pesafiltros y tapa con la muestra sin secar

G3 = Peso en gramos del pesafiltros y tapa con la muestra seca

Los resultados obtenidos de los análisis realizados a las muestras de quinua, en lo que respecta a humedad, son los que se exponen a en la Tabla V.1, V.2 y V.3 del capítulo V en la que se especifica los resultados promedios en porcentaje de los análisis respectivos y el número de muestras analizadas.

4.4 **Determinación de Cenizas** (Norma Boliviana, 1996)

En uno de los crisoles previamente tarados, se colocó aproximadamente 5,0 gramos de muestra y se pesó al 0,01 mg. Esta muestra se humedeció con 1 cm³ de alcohol etílico se inició la incineración en manta calefactora para luego continuar en mufla a 600°C, hasta cenizas blancas (24 horas aproximadamente).

El contenido de cenizas se expresó en porcentaje del peso seco de la muestra y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%Cenizas = \frac{100 * (G_2 - G_1)}{G} * \frac{100}{100 - H}$$

Donde:

G = Peso en gramos de la muestra

G_1 = Peso en gramos del crisol vacío

G_2 = Peso en gramos del crisol con la muestra

H = Humedad porcentual de la muestra

Las muestras fueron obtenidas de una colección de Quinuas provenientes del altiplano norte y sur de Bolivia, realizada por el Programa CLIFA-IDR* (Facultad de Agronomía de la UMSA), la recolección se realizó en los terrenos de cultivo. Cada muestra se mantuvo en bolsas de plástico en una cantidad aproximada de 100 g.

Para cada muestra se completó un formulario indicando la procedencia, la fecha, localidad de recolección y otros antecedentes, tales como: uso de agroquímicos y compuestos químicos para el control de enfermedades. En las tablas V.1, V.2 y V.3 se puede ver el detalle de cada muestra que fue sometida a estudio en el presente trabajo.

** Este proyecto se dedica a analizar el comportamiento agronómico en las zonas mencionadas del altiplano boliviano.*

Los resultados obtenidos de los análisis de cenizas, se pueden observar en la Tabla V.4, V.5 y V.6, que muestra los valores promedio en porcentaje de los análisis respectivos y el número de muestras analizadas. Ver capítulo V.

4.5. Preparación de la Muestra para su Lectura en ICP

1. Preparación de muestras adaptando los métodos: 920.180 y 999.11 A.O.A.C (A.O.A.C.1998,2006).
2. Se humedeció las cenizas con 10 gotas de agua destilada.
3. Se adicionó de 3 mL de HNO₃ y evaporación del ácido sobre una plancha metálica y calentada eléctricamente a 100-120 °C.
4. Se disolvió las cenizas en 5 mL de HNO₃ y luego transfirió a un matraz de 50 mL y se aforó con agua destilada.

Los blancos fueron tratados de la misma manera que las muestras de quinua y se utilizaron dos blancos. Además, se utilizó en duplicado en cada medición y como material de referencia se utilizó una muestra de algas y otra de líquenes, esto debido a que no se cuenta con un material de referencia de quinua.

El equipo ICP-OES presenta como ventajas la rapidez de análisis, excelente sensibilidad y precisión. Para realizar la curva de calibración del equipo se utilizó un estándar ICP multielementos solución IV marca MERCK que contiene 1000 mg/m L.

Las concentraciones utilizadas para construir la curva estándar fueron desde 0.001 hasta 100 ppm.

4.6. Elementos Metálicos en las Muestras de Quinuas

En el anexo I y las tablas V 7 a la tabla 12 que se detallan en el capítulo V, 4se presenta el número de respuestas positivas, definidas como las concentraciones superiores a los diferentes límites de detección, para cada elemento en las 24 quinuas analizadas, sus promedios y el rango de concentraciones detectadas.

4.7. Análisis Estadísticos

Para reducir la dimensión de la matriz de datos obtenida a una visión en dos dimensiones se utilizó análisis estadísticos de multivariantes como el Análisis de Componentes Principales (ACP); análisis discriminante; ANOVA (análisis de la varianza) y análisis de clúster. Se usó el soft-ware SPSS. Versión 15.

Estos análisis permitieron agrupar las quinuas por similitudes en el contenido de elementos traza. Todas las tablas de resultados y explicación de las mismas se pueden observar en el capítulo V del presente documento.

V

RESULTADOS Y DISCUSION

5.1. Determinación del Contenido de Humedad (Norma Boliviana, 1996)

Los resultados obtenidos de los análisis realizados a las muestras de quinua, en lo que respecta a humedad, son los que se exponen en la Tabla V.1, V.2 y V.3 . En la que se especifica los resultados promedios en porcentaje de los análisis respectivos y el número de muestras analizadas.

Tabla V.1. Resultados del análisis de Humedad en muestras de quinua de la localidad de Belén

Nº	VARIEDAD	COD.	H(%)
V 01	CHUCAPACA	1B	9.22
V 02	SURUMI	2B	9.68
V 03	KAMIRI	3B	9.19
V 04	L-2 HUGANDA	4B	9.55
V 05	L-4 JIWAKI	5B	9.67
V 08	REAL BLANCA	6B	8.71
V 09	TOLEDO ROJO	7B	8.91
V 09	TOLEDO ROJO	8B	8.82

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

Tabla V.2. Resultados del análisis de Humedad en muestras de quinua de la localidad de Garci Mendoza

Nº	VARIEDAD	COD.	H(%)
V 01	CHUCAPACA	1S	9.38
V 02	SURUMI	2S	9.30
V 03	KAMIRI	3S	9.39
V 04	L-4 HUGANDA	4S	9.46
V 05	L-4 JIWAKI	5S	9.31
V 08	REAL BLANCA	6S	8.78
V 09	TOLEDO ROJO	7S	9.24
V 09	TOLEDO ROJO	8S	9.22

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

Tabla V.3. Resultados del análisis de Humedad en muestras de quinua de la localidad de Tunusi

Nº	VARIEDAD	COD.	H(%)
V 01	CHUCAPACA	T1	9.40
V 02	SURUMI	T2	9.61
V 03	KAMIRI	T3	9.47
V 04	L-4 HUGANDA	T4	9.62
V 05	L-4 JIWAKI	T5	9.40
V 08	REAL BLANCA	T6	8.77
V 09	TOLEDO ROJO	T7	9.29
V 09	TOLEDO ROJO	T8	9.32

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

5.2. Determinación del Contenido de Cenizas (Norma Boliviana, 1996)

Los resultados obtenidos de los análisis de cenizas, se pueden observar en la Tabla V.4, V.5 y V.6, que muestra los valores promedio en porcentaje de los análisis respectivos y el número de muestras analizadas.

Tabla V.4. Resultados del análisis de cenizas en muestras de quinua de la localidad de Belén

Nº	VARIEDAD	COD.	C(%)
V 01	CHUCAPACA	1B	3.33
V 02	SURUMI	2B	2.54
V 03	KAMIRI	3B	2.73
V 04	L-2 HUGANDA	4B	2.95
V 05	L-4 JIWAKI	5B	2.83
V 08	REAL BLANCA	6B	3.55
V 09	TOLEDO ROJO	7B	3.07
V 09	TOLEDO ROJO	8B	3.26

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

Tabla V.5. Resultados del análisis de cenizas en muestras de quinua de la localidad de Garci Mendoza

Nº	VARIEDAD	COD.	C(%)
V 01	CHUCAPACA	1S	2.89
V 02	SURUMI	2S	2.75
V 03	KAMIRI	3S	2.75
V 04	L-4 HUGANDA	4S	3.06
V 05	L-4 JIWAKI	5S	2.92
V 08	REAL BLANCA	6S	3.37
V 09	TOLEDO ROJO	7S	2.78
V 09	TOLEDO ROJO	8S	2.83

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

Tabla V.6. Resultados del análisis de cenizas en muestras de quinua de la localidad de Tunusi

Nº	VARIEDAD	COD.	C(%)
V 01	CHUCAPACA	T1	2.32
V 02	SURUMI	T2	2.54
V 03	KAMIRI	T3	2.41
V 04	L-4 HUGANDA	T4	2.95
V 05	L-4 JIWAKI	T5	2.75
V 08	REAL BLANCA	T6	3.24
V 09	TOLEDO ROJO	T7	3.41
V 09	TOLEDO ROJO	T8	3.40

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

5.3. Análisis de Resultados

En las tablas tanto de humedad como de cenizas se pueden observar algunas diferencias entre las determinaciones del orden mayor a 0,2 unidades, esto puede deberse a las variedades de quinua, las condiciones de almacenaje de los granos, las condiciones distintas de manipuleo, entre otros. En todo caso se tuvo el cuidado de repetir los análisis cuando los valores no correspondían.

Los resultados de cenizas muestran que las quinuas presentan valores que van de 2.3 % a 4.0% respectivamente, lo que explica la presencia de elementos metálicos.

5.4. Elementos Metálicos en las Muestras de Quinuas

En el anexo I y las tablas que se detallan a continuación se presenta el número de respuestas positivas, definidas como las concentraciones superiores a los diferentes límites de detección, para cada elemento en las 24 quinuas analizadas, sus promedios y el rango de concentraciones detectadas.

Las tablas V.7, V.8 y V.9 muestran que los principales elementos mayoritarios encontrados en las muestras de quinua analizadas fueron K, Mg, Ca, Na, Al, Fe, Mn, y Zn, observándose que la mayoría de estos valores coinciden con resultados encontrados en otros trabajos (ver tabla II.5 de la pag 19), lo que ayuda a explicar que el método desarrollado para la preparación de la muestra y el método definido para la lectura en ICP-OES, aparentemente fueron los adecuados.

En el caso de fósforo, silicio y azufre, los valores obtenidos no fueron los esperados esto nos llevó a concluir que se requieren de métodos específicos para su análisis. Sin embargo y por fines sólo de estudio serán considerados en el presente trabajo.

En cuanto a los elementos minoritarios o trazas que se muestran en las tablas V.10, V.11 y V.12, se puede apreciar que se redujo en algo el número de respuestas positivas. Esto se puede deber en algunos casos a las pérdidas de estos elementos por volatilización durante el secado y producción de cenizas o a una destrucción incompleta de la materia orgánica lo que podría haber impedido la recuperación completa de los elementos desde la matriz resultante.

No se ha podido identificar trabajos en quinuas que muestren estudios y resultados de elementos trazas para poder comparar valores; viendo esta realidad se ha tenido el cuidado de definir y desarrollar un método basado en normas y procedimientos recomendados para granos, aplicando siempre todos los principios del aseguramiento de la calidad de los resultados.

El mayor cuidado que se tuvo fue en la preparación de la muestra, la aplicación de muestras de referencia, la calibración de los equipos y la identificación de los límites de detección.

TABLA V.7. Respuestas positivas (Rp) para los 2 elementos metálicos analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).

Límite de Detección	8.40E-06	6.00E-07
CODIFICACION	K	Mg
1B	123.68	249.85
2B	426.35	204.41
3B	522.36	164.38
4B	557.99	233.15
5B	104.13	265.40
6B	54.85	199.05
7B	686.26	246.25
8B	661.71	246.95
IT	496.73	205.02
2T	460.29	218.19
3T	449.75	201.16
4T	624.97	222.38
5T	581.49	221.78
6T	78.72	213.03
7T	96.92	235.20
8T	88.14	226.23
1S	531.40	218.65
2S	507.53	231.80
3S	527.97	246.89
4S	678.30	277.51
5S	511.63	219.59
6S	510.60	240.36
7S	495.71	228.38
8S	595.67	269.40
B+A	0.19	0.06
RL	177.08	44.18
RA	479.47	392.98

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

TABLA V.8. Respuestas positivas (Rp) para los 4 elementos metálicos analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).

Límite de Detección	1.61E-06	2.14E-06
CODIFICACIÓN	Ca	Na
1B	42.03	25.94
2B	37.14	17.75
3B	42.49	26.71
4B	47.34	27.21
5B	47.09	22.91
6B	69.81	29.93
7B	49.98	29.17
8B	44.31	19.99
IT	31.96	19.93
2T	27.57	20.64
3T	38.64	20.90
4T	35.34	22.04
5T	44.26	19.76
6T	24.84	29.99
7T	37.09	23.80
8T	34.72	19.94
1S	43.68	20.39
2S	44.03	18.99
3S	53.32	18.76
4S	60.93	41.68
5S	45.79	21.14
6S	41.22	17.70
7S	38.51	12.88
8S	45.89	20.88
B+A	0.43	0.08
RL	205.22	23.81
RA	296.70	69.59

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

TABLA V.9. Respuestas positivas (Rp) para los 5 elementos metálicos analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).

Límite de Detección	6.79E-06	8.03E-06	1.76E-05	3.36E-06
CODIFICACION	Al	Fe	Mn	Zn
1B	0.70	10.31	5.37	0.70
2B	1.38	0.03	2.62	1.38
3B	7.43	12.68	2.12	7.43
4B	3.78	8.74	2.17	3.78
5B	1.57	5.85	1.65	1.57
6B	7.04	9.62	2.18	7.04
7B	1.65	6.08	2.53	1.65
8B	8.10	13.16	2.68	8.10
IT	0.87	5.25	2.33	0.87
2T	1.00	0.48	1.97	1.00
3T	0.94	5.41	1.60	0.94
4T	1.07	0.63	1.97	1.07
5T	1.05	0.19	2.18	1.05
6T	0.67	5.97	1.84	0.67
7T	1.92	5.54	1.51	1.92
8T	1.84	5.48	1.52	1.84
1S	1.69	5.74	3.46	1.69
2S	1.30	5.27	2.22	1.30
3S	1.52	5.89	2.86	1.52
4S	2.11	7.03	4.21	2.11
5S	1.54	5.21	2.66	1.54
6S	1.61	5.40	2.03	1.61
7S	1.27	5.46	2.02	1.27
8S	1.33	5.97	2.28	1.33
B+A	0.08	0.32	0.01	0.08
RL	58.27	51.80	2.38	58.27
RA	4.85	4.06	13.56	4.85

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

TABLA V.10. Respuestas positivas (Rp) para los 5 elementos traza analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).

Límite de Detección	3.60E-05	3.41E-06	1.78E-05	6.73E-05	1.10E-07
CODIFICACION	B	Cu	Li	Rb	Sr
1B	0.708	0.830	0.639	1.571	0.107
2B	0.510	0.771	0.184	1.177	0.122
3B	0.662	0.671	1.088	0.528	0.141
4B	0.752	1.153	0.821	7.048	0.043
5B	0.679	1.036	0.377	6.503	0.042
6B	0.998	0.873	1.376	0.855	0.168
7B	1.114	0.803	0.670	0.427	0.150
8B	1.050	0.590	0.199	0.476	0.111
1T	0.698	0.499	0.236	0.379	0.069
2T	0.516	0.560	0.112	0.427	0.061
3T	0.565	0.610	0.130	0.321	0.167
4T	0.583	0.443	0.128	0.353	0.131
5T	0.634	0.586	0.282	0.380	0.120
6T	0.614	0.764	1.042	0.373	0.115
7T	0.637	0.700	1.364	0.401	0.355
8T	0.658	0.616	0.511	0.297	0.336
1S	0.869	0.693	0.208	0.983	0.183
2S	0.882	0.888	0.249	0.715	0.210
3S	0.897	0.790	0.180	0.798	0.241
4S	1.198	0.958	1.024	0.962	0.297
5S	0.934	0.623	0.198	0.719	0.202
6S	0.782	0.625	0.171	0.732	0.165
7S	0.864	0.651	0.173	0.732	0.152
8S	0.945	0.615	0.179	0.871	0.159
B+A	0.014	0.009	0.144	0.017	0.002
RL	0.236	0.499	0.727	0.269	0.804
RA	0.219	0.997	0.714	0.319	0.729

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

TABLA V.11. Respuestas positivas (Rp) para los 6 elementos traza analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).

Límite de Detección	5.60E-05	4.72E-06	1.76E-05	1.24E-05	2.30E-05	1.17E-06
COD.	As	Ba	Mo	Ni	Pb	Ti
1B	0.03	0.04	0.01	0.14	0.06	0.21
2B	0.01	0.04	0.01	0.09	0.02	0.04
3B	0.03	0.04	0.04	0.08	0.10	0.19
4B	0.03	0.02	0.02	0.07	0.06	0.11
5B	0.01	0.02	0.02	0.05	0.05	0.04
6B	>LD	0.04	0.01	0.01	0.01	0.24
7B	0.01	0.04	0.01	0.01	0.02	0.06
8B	0.02	0.03	0.01	0.03	0.05	0.15
IT	>LD	0.02	0.02	0.05	0.02	0.03
2T	0.01	0.02	0.01	0.04	0.01	0.02
3T	0.02	0.03	0.01	0.06	0.05	0.02
4T	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.03
5T	>LD	0.02	0.01	0.05	0.02	0.03
6T	0.02	0.06	0.02	0.10	0.03	0.13
7T	0.02	0.05	0.02	0.05	0.04	0.08
8T	>LD	0.03	0.02	0.04	0.03	0.08
1S	>LD	0.05	0.01	0.03	0.00	0.05
2S	>LD	0.05	0.02	0.05	0.03	0.04
3S	0.02	0.08	0.02	0.03	0.02	0.05
4S	>LD	0.09	0.02	0.04	0.06	0.09
5S	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.05
6S	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.07
7S	>LD	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04
8S	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.04
B+A	0.01	0.01	0.01	>LD	0.01	0.00
RL	0.07	0.34	0.14	0.10	1.17	0.83
RA	1.36	0.20	0.20	6.34	9.18	0.10

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

TABLA V.12. Respuestas positivas (Rp) para los 4 elementos traza analizados, sus promedios y rangos de concentraciones en mg/100g muestra. (base a peso seco).

Límite de Detección	4.59E-06	1.64E-05	4.81E-06	9.87E-06
CODIFICACION	Cd	Co	Cr	V
1B	0.00	0.01	0.01	0.01
2B	0.01	0.01	0.01	<LD
3B	0.06	0.02	0.07	0.06
4B	0.00	0.02	0.01	0.01
5B	>LD	0.01	0.01	0.00
6B	0.00	>LD	0.01	0.01
7B	0.02	>LD	0.01	0.00
8B	0.02	>LD	0.04	0.02
1T	0.00	0.01	0.01	>LD
2T	0.00	0.02	0.01	>LD
3T	0.00	0.00	0.01	>LD
4T	0.00	0.02	0.01	>LD
5T	0.01	0.02	0.01	>LD
6T	0.00	0.01	0.02	0.01
7T	0.00	0.01	0.02	0.00
8T	0.00	0.01	0.02	0.00
1S	0.01	0.00	0.01	0.00
2S	0.01	0.00	0.01	>LD
3S	0.01	0.00	0.01	>LD
4S	0.01	>LD	0.01	0.00
5S	0.01	0.00	0.01	>LD
6S	0.01	0.01	0.01	0.01
7S	0.01	0.00	0.01	>LD
8S	0.01	0.00	0.01	>LD
B+A	0.00	>LD	>LD	>LD
RL	0.03	>LD	0.20	0.25
RA	>LD	0.32	>LD	0.03

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

5.5. Análisis Estadísticos

Lo primero que se ha realizado referente a la aplicación de la quimiometría, es decir la aplicación de herramientas estadísticas en química, fue la construcción de la Tabla V.13. “Estadísticos Descriptivos por Elemento Analizado” (ver anexo II) donde se puede observar el valor de las concentraciones en ppm, máximas y mínimas obtenidas para cada uno de los contenidos en cada una de las muestras. También se puede apreciar los valores de la media, la desviación típica y la varianza.

La finalidad de haber calculado cada uno de estos factores obedece a la necesidad de determinar datos atípicos. Es decir se pudo establecer si los métodos analíticos fueron los idóneos, los procedimientos de la toma del dato fueron adecuados así como, la trazabilidad, calibración y otros aspectos de la calidad.

Por lo tanto la función utilizada proporcionó un informe fácil de comprender que ayudaron a determinar qué datos se deberían usar en el análisis.

A lo largo del análisis se ha detectado valores atípicos en las observaciones de las características. Para ello se han establecido dos criterios para la determinación de estos atípicos:

El primero utilizando fue el cálculo de la media y la desviación típica (Ver tabla V.13); donde se han operacionalizado estos valores atípicos para cada elemento y en cada región.

Tenemos por ejemplo el caso de los elementos Cd, Co, Li, Ni, Rb y V, el valor de la concentración máxima obtenida deberá ser estudiado con mayor detalle, ya que el promedio de las concentraciones obtenidas están muy por debajo de los valores máximos. Se tomó la decisión de no considerar estos valores para cálculos posteriores ya que podrían contribuir a obtener resultados erróneos. En el caso de K, Pb el valor mínimo de las concentraciones es el que fue analizado ya que

muestran valores muy por debajo del promedio de las concentraciones obtenidas, tomándose la misma decisión, es decir no considerar estos datos para estudios posteriores.

TABLA V.13. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS POR ELEMENTO ANALIZADO

ELEMENTO	Nº DE MUESTRA	Valor Mínimo $\mu\text{g}/100\text{g m.}$	Valor Máx. $\mu\text{g}/100\text{g m.}$	Media $\mu\text{g}/100\text{g m.}$	Desv. típ. $\mu\text{g}/100\text{g m.}$	Varianza	CV
AS	16	,0082	,0321	,018962	,0068236	,000	35,99
B	24	,5098	1,1985	,781220	,1917637	,037	24,55
BA	24	,0122	,0898	,039414	,0192187	,000	48,76
BE	0						
CA	24	24,8421	69,8101	42,832439	9,7385343	94,839	22,74
CD	23	,0010	,0633	,009074	,0129696	,000	142,93
CO	20	,0024	,0238	,010178	,0071194	,000	69,95
CR	24	,0059	,0720	,014480	,0144195	,000	99,58
CU	24	,4429	1,1525	,722786	,1706954	,029	23,62
FE	24	,0246	13,1625	5,890428	3,4128249	11,647	57,94
K	24	54,8473	686,2597	432,214384	212,1661133	45014,460	49,09
LI	24	,1121	1,3759	,480774	,4158800	,173	86,50
MG	24	164,3812	277,5103	228,541545	25,1702100	633,539	11,01
MN	24	1,5120	5,3714	2,415916	,8758519	,767	36,25
MO	24	,0062	,0373	,015291	,0061078	,000	39,94
NA	24	12,8805	41,6806	22,876659	5,8252407	33,933	25,46
NI	24	,0099	,1398	,048793	,0302644	,001	62,03
P	24	12,8805	33,9339	20,571585	4,7523137	22,584	23,10
PB	24	,0033	,0959	,032177	,0215645	,000	67,02
RB	24	,2965	7,0482	1,167731	1,7567194	3,086	150,44
S	24	16,0172	39,1554	22,389843	5,4831476	30,065	24,49
SI	24	,9630	9,9347	3,482856	2,7970301	7,823	80,31
SR	24	,0423	,3546	,160260	,0824778	,007	51,46
TI	24	,0199	,2436	,078622	,0629905	,004	80,12
V	13	,0014	,0601	,009839	,0158237	,000	160,83
ZN	24	1,8028	5,5396	3,325305	,8308899	,690	24,99

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

Finalmente, esta tabla nos ha permitido calificar la calidad de los datos obtenidos a través del cálculo del coeficiente de variabilidad. Es así: que si el coeficiente de variabilidad es pequeño, podemos afirmar que los datos obtenidos son homogéneos, señal de buena calidad del dato.

El segundo análisis para observar la heterogeneidad de los datos obtenidos (comparar la variabilidad entre series pequeñas de datos de manera más objetiva, clara y visual para cada elemento), fue mediante los diagramas de cajas (ver los gráficos para cada uno de los elementos en el anexo III), en los cuales se determinó como atípicos aquellos valores que se encuentran por debajo del décimo percentil y los que se encuentran por encima del noventaavo percentil.

Un diagrama de caja, o caja con bigotes, es una representación gráfica de los descriptores no para métricos. que se construyó de la forma siguiente:

- a. Se dibujó una caja cuyos lados inferior y superior coinciden con los cuarteles inferior y superior.
- b. La caja se partió en dos por el valor que corresponde a la mediana.
- c. A cada lado de la caja se dibujan los “bigotes”, que corresponden a los valores extremos de la serie que pueden considerarse todavía normales, y que son los que se alejan del cuartil más próximo en 1,5 veces al recorrido intercuartílico, como máximo.
- d. Los valores extremos que quedan más allá de los bigotes se consideran como anómalos o atípicos, y se representan como puntos aislados.

El Gráfico V.1. al Gráfico V.6, muestran los diagramas de caja para el boro, bario, calcio, cobalto, calcio, cobalto, estroncio, y zinc.

Para el Boro, Gráfico V.1. se puede observar la heterogeneidad en las muestras. Es así que en las muestras de quinua de Belén (B) los datos obtenidos de concentraciones de Boro están muy dispersos y van desde 0.51

ppm hasta 1.11 ppm, teniendo una media de 0.76 desplazada respecto a de las muestras de Garci-Mendoza (S) y Tunusi (T).

Los datos obtenidos de concentraciones de Boro de las muestras de Tunusi son más homogéneos y van desde 0.52 ppm hasta un valor máximo de 0.70 ppm de ahí que la caja es pequeña y la media está por el orden de 0.60.

Los datos de concentraciones de Boro para las muestras de Garci-Mendoza (S) muestran una similitud de homogeneidad respecto a los datos de concentraciones de Boro de Tunusi, sin embargo la caja se encuentra desplazada respecto a Belén y Tunusi, teniendo una media de 0.90. Los valores de concentraciones de Boro obtenidos van desde 0.78 ppm hasta un máximo de 1.20 ppm.

Los gráficos que se muestran a continuación, han sido seleccionados de los otros gráficos que se muestran en el anexo 2, debido a que muestran la mayor diferencia.

GRÁFICO V.1. DIAGRAMA DE CAJA PARA EL COMPORTAMIENTO DEL BORO.

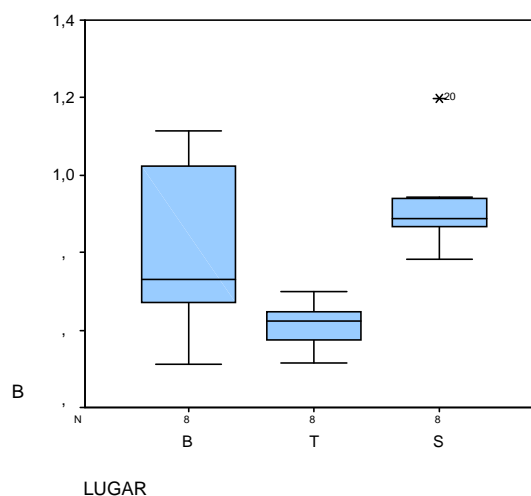


GRÁFICO V.2. DIAGRAMA DE CAJA PARA EL COMPORTAMIENTO DEL BARIO.

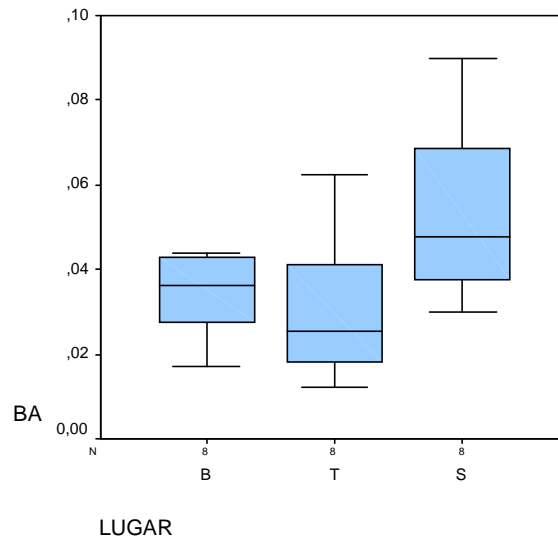


GRÁFICO V.3. DIAGRAMA DE CAJA PARA EL COMPORTAMIENTO DEL CALCIO.

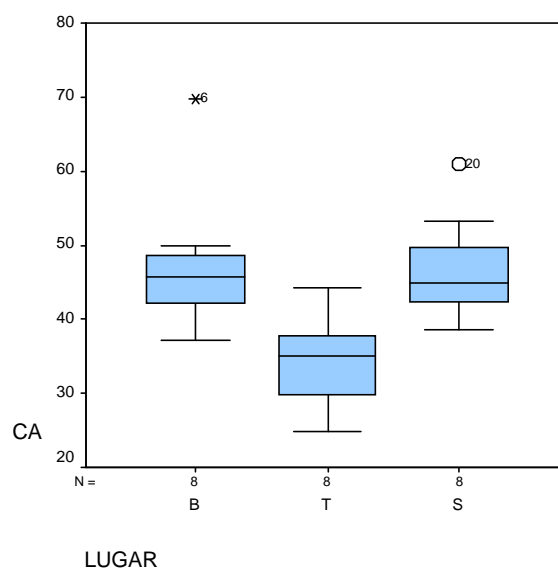


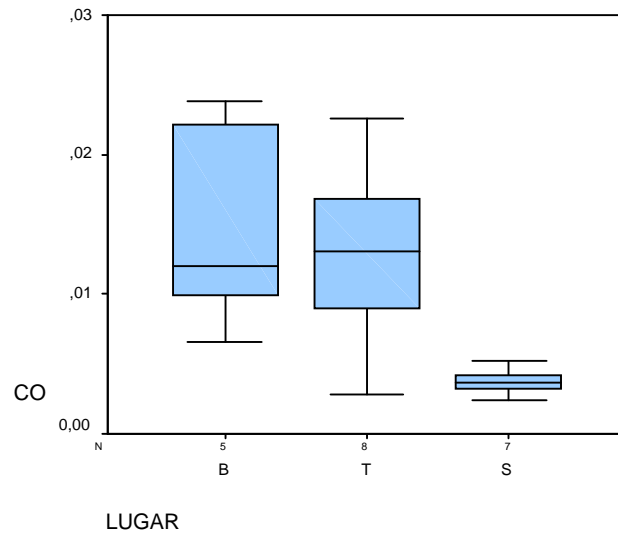
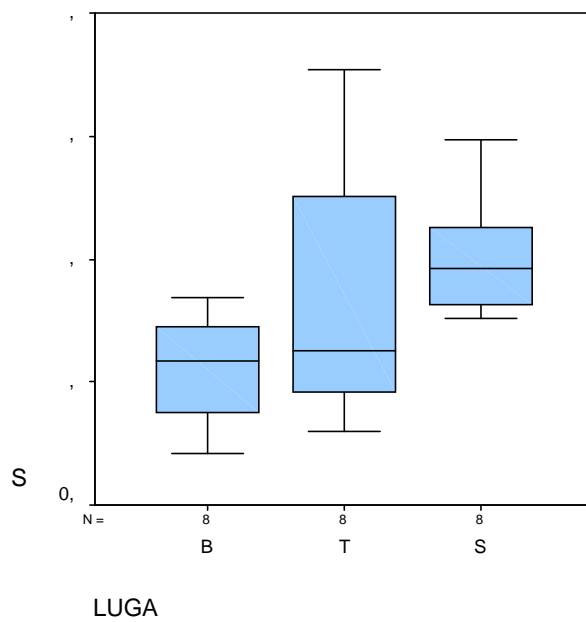
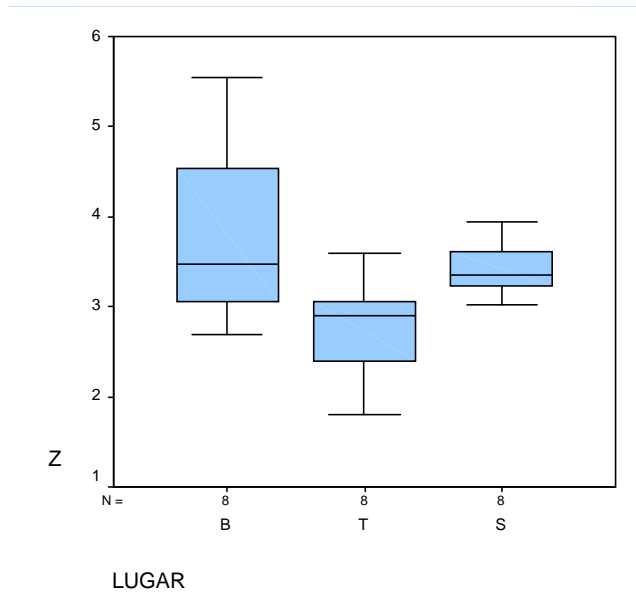
GRÁFICO V.4. DIAGRAMA DE CAJA PARA EL COMPORTAMIENTO DEL COBALTO.**GRÁFICO V.5. DIAGRAMA DE CAJA PARA EL COMPORTAMIENTO DEL ESTRONCIO.**

GRÁFICO V.6. DIAGRAMA DE CAJA PARA EL COMPORTAMIENTO DEL ZINC.



El análisis de varianza ANOVA. Es una herramienta estadística que nos ha permitido comparar simultáneamente varias medias. Las medias se comparan para establecer si son todas iguales (hipótesis nula), o si al menos una de ellas es distinta de las demás (hipótesis alternativa).

Hipótesis nula $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ sig > 0.05

Hipótesis alternativa H_1 : Existe $\mu_i \neq \mu_j$ sig < 0.05
i J

Aplicando esta herramienta estadística se pudo construir la tabla “Análisis de varianza para cada elemento” (ver Tabla V.14 y el anexo IV) con la finalidad de buscar si existe una o más diferencias significativas entre las diferentes muestras de quinua.

Como podemos observar en la Tabla V.14 y aplicando los principios mencionados anteriormente, se puede apreciar que el Boro, el Calcio, el Cobalto y el Silicio, generan diferencias significativas por región. Son distintos $\text{sig} < 0.05$ (hipótesis alternativa), por lo pueden considerarse como los elementos diferenciadores.

TABLA V.14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CADA ELEMENTO

Elemento	Fuente/variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Al	Inter-grupos	36,560	2	18,280	5,564	,012
	Intra-grupos	68,994	21	3,285		
	Total	105,553	23			
As	Inter-grupos	,000	2	,000	,097	,908
	Intra-grupos	,001	13	,000		
	Total	,001	15			
B	Inter-grupos	,390	2	,195	8,968	,002
	Intra-grupos	,456	21	,022		
	Total	,846	23			
Ba	Inter-grupos	,002	2	,001	4,197	,029
	Intra-grupos	,006	21	,000		
	Total	,008	23			
Ca	Inter-grupos	875,857	2	437,928	7,045	,005
	Intra-grupos	1305,441	21	62,164		
	Total	2181,298	23			
Cd	Inter-grupos	,001	2	,000	2,910	,078
	Intra-grupos	,003	20	,000		
	Total	,004	22			
Co	Inter-grupos	,000	2	,000	7,838	,004
	Intra-grupos	,001	17	,000		
	Total	,001	19			
Cr	Inter-grupos	,001	2	,000	1,831	,185
	Intra-grupos	,004	21	,000		
	Total	,005	23			
Cu	Inter-grupos	,238	2	,119	5,786	,010
	Intra-grupos	,432	21	,021		

	Total	,670	23			
Elemento	Fuente/variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Fe	Inter-grupos	88,194	2	44,097	5,153	,015
	Intra-grupos	179,695	21	8,557		
	Total	267,890	23			
K	Inter-grupos	156476,087	2	78238,044	1,869	,179
	Intra-grupos	878856,484	21	41850,309		
	Total	1035332,571	23			
Li	Inter-grupos	,553	2	,276	1,694	,208
	Intra-grupos	3,425	21	,163		
	Total	3,978	23			
Mg	Inter-grupos	2313,496	2	1156,748	1,982	,163
	Intra-grupos	12257,911	21	583,710		
	Total	14571,408	23			
Mn	Inter-grupos	3,653	2	1,827	2,742	,087
	Intra-grupos	13,990	21	,666		
	Total	17,644	23			
Mo	Inter-grupos	,000	2	,000	,020	,980
	Intra-grupos	,001	21	,000		
	Total	,001	23			
Na	Inter-grupos	52,979	2	26,489	,765	,478
	Intra-grupos	727,490	21	34,642		
	Total	780,469	23			
Ni	Inter-grupos	,004	2	,002	2,187	,137
	Intra-grupos	,017	21	,001		
	Total	,021	23			
P	Inter-grupos	45,494	2	22,747	1,008	,382
	Intra-grupos	473,949	21	22,569		
	Total	519,443	23			
Pb	Inter-grupos	,002	2	,001	2,337	,121
	Intra-grupos	,009	21	,000		
	Total	,011	23			
Rb	Inter-grupos	16,820	2	8,410	3,261	,058
	Intra-grupos	54,160	21	2,579		
	Total	70,979	23			
S	Inter-grupos	76,533	2	38,266	1,307	,292
	Intra-grupos	614,960	21	29,284		
	Total	691,493	23			

Elemento	Fuente/variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Si	Inter-grupos	77,222	2	38,611	7,894	,003
	Intra-grupos	102,716	21	4,891		
	Total	179,938	23			
Sr	Inter-grupos	,034	2	,017	2,890	,078
	Intra-grupos	,123	21	,006		
	Total	,156	23			
Ti	Inter-grupos	,032	2	,016	5,666	,011
	Intra-grupos	,059	21	,003		
	Total	,091	23			
V	Inter-grupos	,000	2	,000	,948	,420
	Intra-grupos	,003	10	,000		
	Total	,003	12			
Zn	Inter-grupos	4,389	2	2,194	4,011	,033
	Intra-grupos	11,490	21	,547		
	Total	15,879	23			
Zr	Inter-grupos	,000	2	,000	1,009	,386
	Intra-grupos	,000	17	,000		
	Total	,000	19			

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

Prueba de Rangos Múltiples de Tukey HSD (Honestly Significantly Different). Este procedimiento es llamado también «Diferencia Significativa Honesta», se utilizó para realizar comparaciones múltiples de medias.

La prueba de Tukey se aplicó debido a la importancia de analizar que grupos de quinas se diferencian por lugar. Lo que nos ha permitido establecer con un nivel de significancia (0.05) la diferencia entre dos de los tres lugares. (Ver anexo V y VI). Por ejemplo para el Aluminio, Al. (Ver tabla V.15.) se muestra que Tunusi, (T) y Garci Mendoza (S), no muestran diferencias, ambos pertenecen al subconjunto 1 y con valores de 1,17 para Tunusi y 1,54 para Garci-Mendoza; en cambio Belén (B) si es diferente, ubicándose en el subconjunto 2 con un valor de 3,95. A continuación se muestran las pruebas de Tukey para los elementos aluminio, boro, bario, calcio, cobalto, cobre, hierro, silicio, titanio y el zinc, que son se constituyen como elementos diferenciadores.

TABLA V.15. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ALUMINIO POR LUGAR.

AI

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
T	8	1,170089	
S	8	1,546085	
B	8		3,955948
Sig.		,910	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

TABLA V. 16. PRUEBA DE TUKEY PARA EL BORO POR LUGAR.

B

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
T	8	,613111	
B	8		,809100
S	8		,921449
Sig.		1,000	,300

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

TABLA V.17. PRUEBA DE TUKEY PARA EL BARIO POR LUGAR.

Ba

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
T	8	,030481	
B	8	,034300	,034300
S	8		,053460
Sig.		,895	,085

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

TABLA V.18. PRUEBA DE TUKEY PARA EL CALCIO POR LUGAR.

Ca

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
T	8	34,30326 4	
S	8		46,671675
B	8		47,522379
Sig.		1,000	,975

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

TABLA V.19. PRUEBA DE TUKEY PARA EL COBALTO POR LUGAR.

Co

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
S	7	,003721	
T	8		,012868
B	5		,014916
Sig.		1,000	,781

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 6,412.

b Los tamaños de los grupos no son iguales. Se utilizará la media armónica de los tamaños de los grupos. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

TABLA V.20. PRUEBA DE TUKEY PARA EL COBRE POR LUGAR.

Cu

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
T	8	,597231	
S	8	,730271	,730271
B	8		,840856
Sig.		,177	,292

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

TABLA V.21 PRUEBA DE TUKEY PARA EL HIERRO POR LUGAR.

Fe

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
T	8	3,618291	
S	8	5,745797	5,745797
B	8		8,307196
Sig.		,332	,210

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

TABLA V.22. PRUEBA DE TUKEY PARA EL SILICIO POR LUGAR.

Si

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
T	8	1,843904	
S	8	2,625512	
B	8		5,979154
Sig.		,762	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

TABLA V.23. PRUEBA DE TUKEY PARA EL TITANIO POR LUGAR.

Ti

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
T	8	,051881	
S	8	,053747	
B	8		,130238
Sig.		,997	1,000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

TABLA V.24. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ZINC POR LUGAR.

Zn

HSD de Tukey

LUGAR	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
T	8	2,760673	
S	8	3,420011	3,420011
B	8		3,795233
Sig.		,200	,576

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 8,000.

TABLA V.25. RESUMEN DE LAS COMPARACIONES MÚLTIPLES: PRUEBA DE TUKEY DE CADA ELEMENTO POR LUGAR.

Variable dependiente	(I) LUGAR	(J) LUGAR	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
AL	B	B					
		T	2,785859(*)	,9062851	,015	,501504	5,070215
	T	S	2,409863(*)	,9062851	,037	,125507	4,694218
		B	-2,785859(*)	,9062851	,015	-5,070215	-,501504
	S	T					
		S	-,375996	,9062851	,910	-2,660352	1,908359
		B	-2,409863(*)	,9062851	,037	-4,694218	-,125507
		T	,375996	,9062851	,910	-1,908359	2,660352
AS	B	B					
		T	,001602	,0042601	,925	-,009646	,012851
	T	S	,001634	,0045602	,932	-,010406	,013675
		B	-,001602	,0042601	,925	-,012851	,009646
	S	T					
		S	,000032	,0048806	1,000	-,012855	,012919
		B	-,001634	,0045602	,932	-,013675	,010406
		T	-,000032	,0048806	1,000	-,012919	,012855
B	B	B					
		T	,195989(*)	,0736926	,037	,010242	,381736
	T	S	-,112349	,0736926	,300	-,298096	,073398
		B	-,195989(*)	,0736926	,037	-,381736	-,010242
	S	T					
		S	-,308338(*)	,0736926	,001	-,494085	-,122590
		B	,112349	,0736926	,300	-,073398	,298096
		T	,308338(*)	,0736926	,001	,122590	,494085
BA	B	B					
		T	,003819	,0085003	,895	-,017607	,025244
	T	S	-,019160	,0085003	,085	-,040585	,002266
		B	-,003819	,0085003	,895	-,025244	,017607
	S	T					
		S	-,022979(*)	,0085003	,034	-,044404	-,001553

	S	B	,019160	,0085003	,085	-,002266	,040585
		T	,022979(*)	,0085003	,034	,001553	,044404
		S					
Variable dependiente	(I) LUGAR	(J) LUGAR	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Variable dependiente
						Límite inferior	Límite superior
CA	B	B					
		T	13,219115(*)	3,9422036	,008	3,282513	23,155716
		S	,850704	3,9422036	,975	-9,085898	10,787305
	T	B	-13,219115(*)	3,9422036	,008	-23,155716	-3,282513
		T					
		S	-12,368411(*)	3,9422036	,013	-22,305013	-2,431810
	S	B	-,850704	3,9422036	,975	-10,787305	9,085898
		T	12,368411(*)	3,9422036	,013	2,431810	22,305013
		S					
CD	B	B					
		T	,014919	,0061961	,064	-,000757	,030595
		S	,008736	,0061961	,355	-,006940	,024412
	T	B	-,014919	,0061961	,064	-,030595	,000757
		T					
		S	-,006183	,0059860	,565	-,021327	,008962
	S	B	-,008736	,0061961	,355	-,024412	,006940
		T	,006183	,0059860	,565	-,008962	,021327
		S					
CO	B	B					
		T	,002048	,0030948	,788	-,005892	,009987
		S	,011195(*)	,0031787	,007	,003041	,019350
	T	B	-,002048	,0030948	,788	-,009987	,005892
		T					
		S	,009147(*)	,0028096	,012	,001940	,016355
	S	B	-,011195(*)	,0031787	,007	-,019350	-,003041
		T	-,009147(*)	,0028096	,012	-,016355	-,001940
		S					
CR	B	B					
		T	,007272	,0069625	,558	-,010277	,024822
		S	,013306	,0069625	,160	-,004244	,030855
	T	B	-,007272	,0069625	,558	-,024822	,010277
		T					
		S	,006033	,0069625	,667	-,011516	,023583
	S	B	-,013306	,0069625	,160	-,030855	,004244
		T	-,006033	,0069625	,667	-,023583	,011516

		S					
Variable dependiente	(I) LUGAR	(J) LUGAR	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Variable dependiente
						Límite inferior	Límite superior
CU	B	B					
		T	,243625(*)	,0717190	,007	,062852	,424398
		S	,110585	,0717190	,292	-,070188	,291358
	T	B	-,243625(*)	,0717190	,007	-,424398	-,062852
		T					
		S	-,133040	,0717190	,177	-,313813	,047732
	S	B	-,110585	,0717190	,292	-,291358	,070188
		T	,133040	,0717190	,177	-,047732	,313813
		S					
FE	B	B					
		T	4,688905(*)	1,4626105	,011	1,002292	8,375517
		S	2,561398	1,4626105	,210	-1,125214	6,248011
	T	B	-4,688905(*)	1,4626105	,011	-8,375517	-1,002292
		T					
		S	-2,127506	1,4626105	,332	-5,814119	1,559106
	S	B	-2,561398	1,4626105	,210	-6,248011	1,125214
		T	2,127506	1,4626105	,332	-1,559106	5,814119
		S					
K	B	B					
		T	32,538772	102,2867400	,946	-225,282154	290,359698
		S	-152,683826	102,2867400	,314	-410,504752	105,137100
	T	B	-32,538772	102,2867400	,946	-290,359698	225,282154
		T					
		S	-185,222597	102,2867400	,190	-443,043523	72,598329
	S	B	152,683826	102,2867400	,314	-105,137100	410,504752
		T	185,222597	102,2867400	,190	-72,598329	443,043523
		S					
LI	B	B					
		T	,193585	,2019379	,610	-,315414	,702584
		S	,371563	,2019379	,181	-,137436	,880562
	T	B	-,193585	,2019379	,610	-,702584	,315414
Variable dependiente	(I) LUGAR	(J) LUGAR	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Variable dependiente
						Límite	Límite

						inferior	superior
		T					
		S	,177978	,2019379	,658	-,331021	,686976
	S	B	-,371563	,2019379	,181	-,880562	,137436
		T	-,177978	,2019379	,658	-,686976	,331021
		S					
MG	B	B					
		T	8,305452	12,0800463	,773	-22,143155	38,754059
		S	-15,393250	12,0800463	,425	-45,841857	15,055357
	T	B	-8,305452	12,0800463	,773	-38,754059	22,143155
		T					
		S	-23,698702	12,0800463	,147	-54,147309	6,749905
	S	B	15,393250	12,0800463	,425	-15,055357	45,841857
		T	23,698702	12,0800463	,147	-6,749905	54,147309
		S					
MN	B	B					
		T	,800073	,4081067	,147	-,228589	1,828735
		S	-,052648	,4081067	,991	-1,081310	,976014
	T	B	-,800073	,4081067	,147	-1,828735	,228589
		T					
		S	-,852721	,4081067	,116	-1,881383	,175941
	S	B	,052648	,4081067	,991	-,976014	1,081310
		T	,852721	,4081067	,116	-,175941	1,881383
		S					
MO	B	B					
		T	-,000622	,0031930	,979	-,008670	,007426
		S	-,000185	,0031930	,998	-,008234	,007863
	T	B	,000622	,0031930	,979	-,007426	,008670
		T					
		S	,000437	,0031930	,990	-,007612	,008485
	S	B	,000185	,0031930	,998	-,007863	,008234
		T	-,000437	,0031930	,990	-,008485	,007612
		S					
NA	B	B					
		T	2,826738	2,9428891	,609	-4,591021	10,244497
		S	3,398486	2,9428891	,492	-4,019273	10,816245
	T	B	-2,826738	2,9428891	,609	-10,244497	4,591021
Variable dependiente	(I) LUGAR	(J) LUGAR	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite	Variable dependiente Límite

						inferior	superior
		T					
		S	,571749	2,9428891	,979	-6,846010	7,989508
	S	B	-3,398486	2,9428891	,492	-10,816245	4,019273
		T	-,571749	2,9428891	,979	-7,989508	6,846010
		S					
NI	B	B					
		T	,008104	,0144072	,841	-,028210	,044418
		S	,029182	,0144072	,131	-,007132	,065496
	T	B	-,008104	,0144072	,841	-,044418	,028210
		T					
		S	,021078	,0144072	,328	-,015236	,057392
	S	B	-,029182	,0144072	,131	-,065496	,007132
		T	-,021078	,0144072	,328	-,057392	,015236
		S					
P	B	B					
		T	1,536299	2,3753421	,796	-4,450917	7,523516
		S	3,368148	2,3753421	,350	-2,619069	9,355365
	T	B	-1,536299	2,3753421	,796	-7,523516	4,450917
		T					
		S	1,831849	2,3753421	,724	-4,155368	7,819065
	S	B	-3,368148	2,3753421	,350	-9,355365	2,619069
		T	-1,831849	2,3753421	,724	-7,819065	4,155368
		S					
PB	B	B					
		T	,019075	,0102053	,172	-,006649	,044798
		S	,019139	,0102053	,171	-,006584	,044863
	T	B	-,019075	,0102053	,172	-,044798	,006649
		T					
		S	,000065	,0102053	1,000	-,025658	,025788
	S	B	-,019139	,0102053	,171	-,044863	,006584
		T	-,000065	,0102053	1,000	-,025788	,025658
		S					
RB	B	B					
		T	1,956881	,8029685	,059	-,067058	3,980820
		S	1,509161	,8029685	,169	-,514777	3,533100
	T	B	-1,956881	,8029685	,059	-3,980820	,067058
		T					
Variable dependiente	(I) LUGAR	(J) LUGAR	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite	Variable dependiente Límite

						inferior	superior
		S	-,447720	,8029685	,844	-2,471658	1,576219
	S	B	-1,509161	,8029685	,169	-3,533100	,514777
		T	,447720	,8029685	,844	-1,576219	2,471658
		S					
S	B	B					
		T	2,910459	2,7057257	,539	-3,909513	9,730431
		S	4,283100	2,7057257	,275	-2,536872	11,103072
	T	B	-2,910459	2,7057257	,539	-9,730431	3,909513
		T					
		S	1,372641	2,7057257	,869	-5,447331	8,192613
	S	B	-4,283100	2,7057257	,275	-11,103072	2,536872
		T	-1,372641	2,7057257	,869	-8,192613	5,447331
		S					
SI	B	B					
		T	4,135250(*)	1,1058073	,003	1,347985	6,922515
		S	3,353642(*)	1,1058073	,017	,566377	6,140907
	T	B	-4,135250(*)	1,1058073	,003	-6,922515	-1,347985
		T					
		S	-,781608	1,1058073	,762	-3,568874	2,005657
	S	B	-3,353642(*)	1,1058073	,017	-6,140907	-,566377
		T	,781608	1,1058073	,762	-2,005657	3,568874
		S					
SR	B	B					
		T	-,058495	,0382173	,297	-,154824	,037835
		S	-,090615	,0382173	,068	-,186945	,005714
	T	B	,058495	,0382173	,297	-,037835	,154824
		T					
		S	-,032121	,0382173	,683	-,128450	,064209
	S	B	,090615	,0382173	,068	-,005714	,186945
		T	,032121	,0382173	,683	-,064209	,128450
		S					
TI	B	B					
		T	,078356(*)	,0265643	,020	,011399	,145314
		S	,076490(*)	,0265643	,023	,009533	,143448
	T	B	-,078356(*)	,0265643	,020	-,145314	-,011399
Variable dependiente	(I) LUGAR	(J) LUGAR	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite	Variable dependiente Límite

						inferior	superior
		T					
		S	-,001866	,0265643	,997	-,068823	,065091
	S	B	-,076490(*)	,0265643	,023	-,143448	-,009533
		T	,001866	,0265643	,997	-,065091	,068823
		S					
V	B	B					
		T	,011736	,0109674	,553	-,018329	,041801
Variable dependiente	(I) LUGAR	(J) LUGAR	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	Variable dependiente
						Límite inferior	Límite superior
		S	,012582	,0109674	,509	-,017483	,042646
	T	B	-,011736	,0109674	,553	-,041801	,018329
		T					
		S	,000846	,0129768	,998	-,034728	,036419
	S	B	-,012582	,0109674	,509	-,042646	,017483
		T	-,000846	,0129768	,998	-,036419	,034728
		S					
ZN	B	B					
		T	1,034560(*)	,3698425	,028	,102346	1,966774
		S	,375222	,3698425	,576	-,556992	1,307436
	T	B	-1,034560(*)	,3698425	,028	-1,966774	-,102346
		T					
		S	-,659338	,3698425	,200	-1,591552	,272876
	S	B	-,375222	,3698425	,576	-1,307436	,556992
		T	,659338	,3698425	,200	-,272876	1,591552
		S					
ZR	B	B					
		T	,000150	,0001992	,736	-,000361	,000661
		S	,000294	,0002074	,354	-,000238	,000826
	T	B	-,000150	,0001992	,736	-,000661	,000361
		T					
		S	,000144	,0002074	,770	-,000388	,000676
	S	B	-,000294	,0002074	,354	-,000826	,000238
		T	-,000144	,0002074	,770	-,000676	,000388
		S					

Fuente: Elaboración propia en base a información primaria

*La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.

El Análisis de cluster jerárquico nos a permitido diferenciar grupos dentro de las muestras ensayadas sin conocimiento previo de la pertenencia de cada muestra a cada grupo. Mientras que el Análisis Discriminante nos permitió diferenciar entre muestras asignadas a grupos preestablecidos y verificar cuan diferentes son los grupos entre sí. Además de:

- Selecciona las variables que mejor diferencian entre grupos de muestras (reduce el número de variables necesarias a estudiar)
- Suministra ecuaciones (funciones discriminantes) que permiten ubicar nuevas muestras (desconocidas) dentro de los grupos (pre-existentes).

En el gráfico V.7. que se muestra a continuación las unidades muestrales se agrupan de acuerdo a las distancias de manera jerárquica conformando en el tercer nivel jerárquico dos grupos claramente, con una asociación interna y diferente entre ellos. El grupo uno está conformado por las muestras de quinua 21, 24, 18, 17 pertenecientes a Garci Mendoza y las muestras 4 y5 pertenecientes a Belén. El grupo dos está conformado por las muestras 9, 10, 11, 12, 15, 16 Tunusi y la 22 y 23 pertenecientes a Garci Mendoza. quedando fuera de estos dos grupos tres variedades de quinua de diferentes regiones (unidades) de observación correspondientes a: la 14 Tunusi, 6 Belén, 20 Garci Mendoza.

Gráfico V.7. Dendograma de la muestra (entre grupos) VER OTRA HOJA.

VI CONCLUSIONES

Se cumplió con el objetivo general del trabajo, se realizó los estudios propuestos, utilizando para ello toda la información necesaria y sobre todo identificando las necesidades tanto de los agricultores como de los beneficiadores.

Primer Objetivo planteado:

Identificar los principales oligoelementos y elementos metálicos contenidos en variedades de quinua del altiplano norte y sur de Bolivia

1. Se ha definido y analizado para cada una de las muestras de quinuas seleccionadas los siguientes elementos metálicos: Aluminio (Al), arsénico (As), boro (B), bario (Ba), berilio (Be), cadmio (Cd), calcio (Ca) cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), estroncio (Sr), hierro (Fe), litio (Li), magnesio (Mg); manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni), plomo (Pb), potasio (K), sodio (Na), titanio (Ti), vanadio (V), zinc (Zn) y zirconio (Zr).
2. El uso de elementos traza para la diferenciación de quinuas, se acerca más con el uso de técnicas analíticas de avanzada. En este caso usamos la técnica del ICP que hacen que estas técnica tenga capacidades disponibles para determinaciones simultáneas.
3. El método definido tanto en la preparación de la muestra como en la determinación de metales y otros elementos trazas permitieron la detección de 28 elementos analizados. Sin embargo, es difícil determinar si los métodos adoptados tanto para la preparación de la muestra como en la determinación de metales son los mejores; ya que por motivos de costos no fue posible comparar con otros métodos para ver, por ejemplo la especificidad con relación a cada uno de los elementos, la sensibilidad requerida, entre otros.
4. Para Ca, K, Zn, Fe, Mn y Mg los valores encontrados en las 24 muestras de quinuas colectadas en las regiones de Belén, Tunusi y Garci Mendoza,

indicaron niveles de contenidos similares a los valores encontrados en otros trabajos. Para el resto de los elementos no se ha podido encontrar datos referenciales.

5. Los contenidos en elementos pesados (aquellos tóxicos cuando no son metabolizados por el organismo), definidos como elementos dañinos para la salud, como el, As, Cd, Cr, Cu y Pb, indican niveles bajos respecto a los valores máximos permitidos de acuerdo a las normas ambientales nacionales e internacionales existentes.
6. En cuanto a la presencia y contenidos de metales pesados y otros elementos traza en las muestras de quinua, sólo se puede sugerir que parecen estar relacionadas a los suelos y a los manejos propios que realizan los agricultores en sus terrenos, por lo que sería interesante realizar este tipo de estudios, analizando los suelos y la relación suelo-planta.
7. El análisis de contenidos de elementos metálicos por espectroscopía ICP, se constituye como un método poco económico, pero altamente eficiente, para este tipo de estudios, de ahí nace la sugerencia de estudiar otros parámetros que sean menos costosos y que cumplan el mismo objetivo principal del presente trabajo.

Segundo Objetivo planteado:

1. Evaluar los resultados obtenidos, determinando el menor número de elementos indicadores de genuinidad y de diferenciación para el origen geográfico.
2. La cantidad de elementos analizados en cada muestra de quinua a permitido verificar la genuinidad de una muestra de quinua (determinado a partir del Análisis Discriminante).
3. Fue posible diferenciar entre quinuas del altiplano norte y sur de Bolivia con un 100% de certeza. Para ello se usaron solo 6 de los 28 parámetros medidos: B, Ba, Ca, Co, Sr y Zn

4. Esta reducción de casi un 75% en las variables requeridos para permitir una buena discriminación entre ambos grupos se consiguió por aplicación de los métodos quimiométricos aplicados.

Lo cual refuerza la idea de la aplicación de estos métodos en química analítica de alimentos, en especial para la determinación de origen geográfico.

5. Aplicando las técnicas estadísticas multivariadas y funciones discriminantes (Quimiometría), construidas en este trabajo, se a logrado determinar con certeza sobre la genuinidad de una muestra problema, además que se a podido asignar una probable región de origen, es así que se han diferenciado dos regiones de forma clara, Tunusi y Garci Mendoza (ver tabla29).
6. Lo ideal para verificar la genuinidad y de diferenciación para el origen geográfico de una quinua, es la aplicación de esta serie de técnicas analíticas. En este conjunto de parámetros las pruebas de Tukey nos ha permitido seleccionar los elementos aluminio, boro, bario, calcio, cobalto, cobre, hierro, silicio, titanio y el zinc, que se han constituido como los elementos diferenciadores.
7. La capacidad de las técnicas utilizadas en el presente trabajo, unidas al análisis estadístico monodimensional, relaciones simples o representaciones gráficas, tipo clústeres y otras; has mostrado un buen desempeño para una buena identificación.
8. Se cuenta en la actualidad con una serie de técnicas analíticas que pueden ser aplicadas al igual que este trabajo para apoyar al estudio de las denominaciones de origen y determinaciones de genuinidad. El cuidado que se debe tener esta en la metodología de trabajo y la sistematización de los datos obtenidos para lograr una correlación más que satisfactoria.
9. Finalmente vemos importante mencionar que para llevar adelante este tipo de esfuerzo, es necesario contar con recursos económicos que apoyen el

desarrollo de técnicas analíticas y con recursos humanos capacitados y con experiencia. Se trata de proteger nuestros recursos alimenticios.

VII RECOMENDACIONES

1. Se ha visto en el desarrollo del presente trabajo, la poca información científica de la quinua con que se cuenta referente a evaluación de relaciones suelo-planta, suelos, variedades de quinuas, zonas de cultivos, grados de humedad, clima, contenidos de elementos, análisis de distintos componentes, entre otros. Siendo necesario realizar este tipo de investigaciones a niveles profundos lo que permitiría contar con datos más precisos para determinar el origen de las diferencias de las quinuas del altiplano norte, central y sur.
2. Desde la perspectiva del mercado este tipo de contribuciones al estudio de certificaciones de origen, ayudan a lograr obtener una ventaja competitiva, ya que se accedería a mercados con mayor valor agregado. Por lo que es necesario comparar las características distintivas de nuestras quinuas frente a quinuas de otros países productores principalmente latinoamericanos. Esto implicaría por ejemplo ampliar el espectro de muestras.
3. Si trabajan en esta línea las regiones, estas se verán jerarquizadas y por lo tanto los productores incentivados para seguir produciendo de esa forma. Si se produce un producto en una región y ese sistema de producción se jerarquiza y se cotiza en los mercados a un valor alto, hace que nosotros tengamos un incentivo para seguir produciendo en esa forma.
4. En nuestro país, Bolivia, es posible actuar en certificación de origen y estudios de genuinidad en muestras de quinua, debido a que contamos con las técnicas analíticas y laboratorios químicos suficientemente equipados.

VIII BIBLIOGRAFIA

AOAC. Official Method. "Honey (liquid, Strained, or comb)". **AOAC International**: 180-920, 1998.

AOAC. Official Method. "Lead, Cadmiun, Cooper, Iron, and Zinc in Foods". **AOAC International**: 999.11. 2006.

ASAPRO-SPN. "Estudio sobre la viabilidad y factibilidad técnica y socioeconómica de los cultivos andinos del Departamento de Molinos", Salta, Argentina. Biodiversidad, **Revista EcoDigital**. Argentina_2002.

ATWELL W.A., PATRICK B.M., JOHNSON L.A., AND GLASS R.W.. "Characterization of quinoa storch". **Cereal. Chem.** 60:9-11. 1983.

AUGSTBURGER H. H. GRUBERG, KOLBE A. Y MERUVIA R. "Evaluación de de la sostenibilidad económica, sociocultural y ecológica de la producción orgánica de la quinua en la en la zona del altiplano sur". **IMO Control Latino América, CECAOT**, Cochabamba-Bolivia. 2009.

BRENES E. R. F. CRESPO Y MADRIGAL K. "El *cluster* de quinua en Bolivia: Diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas Proyecto de Agrotecnología". **Informe MDS**. La Paz- Bolivia. 2001.

BRENES E. CRESPO.K. F.MADRIGAL K. "Diagnostico Competitivo y Recomendaciones Estratégicas". El Cluster de la Quinua en Bolivia. **Informe MDS**. La Paz- Bolivia. 2001.

BRUIN A. DE "Investigation of Thesfood value of quinoa and Cañihua Seed". **J. Food Sciencie** 26:872-972, 1964.

CARRIÓN M. “Estructura Orgánica y Funcional de la Unidad de Gestión del Riesgo Departamental (UGR-D)” .Propuesta presentada en el Taller sobre Gestión de Riesgos. **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO-OSRO/BOL802/ITA**. 22p. Julio 2009

CLAURE-PEREIRA & ASOCIADOS. “Estudio de recursos hídricos para el suministro de agua y saneamiento a la población dispersa del Departamento de Potosí”. **Informe Final. Proyecto YACUPAJ, PNUD-BIRFCORDEPO- USP. Potosí**. 153 p. 1991.

CONACOPROQ. **La Razón**, La Paz-Bolivia 24 de abril de 2009

ELLENBERG H. “Desarrollar sin destruir. Respuestas de un Ecólogo a 15 preguntas de agrónomos y planificadores Bolivianos”. **Instituto de Ecología, Universidad Mayor de San Andrés**.55 p. 1981.

FAUTAPO. Propuesta de Decreto Supremo. 2008

FONTÚRBEL F. “Production and commercialization problems related to saponine presence in *Chenopodium quinoa* W. (Chenopodiaceae)”,100p. **tésis UMSA- La Paz-Bolivia**, 2004.

FUENTES de J.N. “La Investigación de la Quinoa y sus Aportes en el Instituto Nacional de Desarrollo Agroindustrial”. **INDDA**, 25p Perú, 1983.

GANDARILLAS S.H. “Producción de la Quinoa en Bolivia”. “Procesamiento de la Quinoa”. **Mesa Redonda Internacional. IBTA-FAO**. 5p La Paz- Bolivia. 1993.

GREGER M. “Metals availability and bioconcentration in plants”. In: Prasad, M. and Hagemeyer, J. (eds.) Heavy metals stress in plants. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg Germany**. 1-27.1999.

KULP K. “Characteristics of small granule Storch of flour and wheat”. **Cereal Chem.** 50:666-679. 1973.

LAVELL A. "Gestión de Riesgos Ambientales urbanos" . Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales y la Red de Estudios Sociales en Prevención a Desastres en América Latina. **La RED** 35-54.1996.

LINN O. "El valor nutritivo de la Quinoa". Procesamiento de la Quinoa. **Mesa Redonda Internacional. IBTA-FAO**. 5p. La Paz- Bolivia. 1993.

MACHICADO E. "Las saponinas de la quinoa". **Sayaña (Bolivia)** V.4.N 1-2; 24-25. 1965

MENDEIETA CH O., ROJAS E. "Normativa de la Denominación de Origen Repertorio de Legislación Estatal Nacional e Internacional Aplicable en el Ámbito de la Denominación de Origen", **Fundación FAUTAPO**, 25 p. 2008.

MENDEIETA O., RAMOS N.: "Justificación Técnica. Denominación de Origen. Quinoa Real del Altiplano Sur de Bolivia", **FAUTAPO**. 20p. Bolivia, 2008.

MIZUI F., KASAI R., OHTANI K Y TAMARA O. "Saponins from of Quinoa, chenopodium Quinoa Willd" **I Chem Pharm Bull**. 36 – 411415 1418; Japan. 1988.

MONASTERIO M. Y ANDRESSEN R. "Asesoría Técnica en el Marco del Programa MAB-UNESCO para el Programa de Lucha contra la Desertificación y la Sequía del Gobierno de Bolivia": **Informe Final**. 30p. Mérida, Venezuela, Septiembre de 1996.

MONTES DE OCA I. *Geografía y recursos naturales de Bolivia*. La Paz, Editorial Educacional. 526 p. 1989.

MONTES DE OCA I. *Geografía y recursos naturales de Bolivia*. 3ra. ed. EDOBOL, La Paz. 614 p. 1997.

MORALES P., CURI C. "Un Método Físico-Química para la Determinación de Saponinas Totales en Quinoa" **Chemical Abstract C.A**. 106174794, 1987.

NONZIOLI A., KLEIMAN E. "La genuinidad en los Alimentos". *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la Nación*. 7p. 2008.

NORMA BOLIVIANA “Cereales-Quinua en Grano-Métodos de Ensayo, **NB.662, IBNORCA**; La Paz-Bolivia,1996.

NORMA BOLIVIANA “Cereales-Quinua en Grano-Métodos de Ensayo, **NB.664, IBNORCA**; La Paz-Bolivia, 1996.

OSORIO M.M.J. “La Quinua en Bolivia”. **Los Tiempos**. Cochabamba-Bolivia. 16 de agosto de 2009.

PLAN NACIONAL DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO. Ministerio de Desarrollo Sostenible –Bolivia . Vice ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Programa Nacional de Cambios Climáticos . **Documento Borrador** . Embajada del Reino de los Países Bajos. Marzo de 2009.

RÚÍZ A., CURI C. “Tecnología para el Beneficiario de la Quínua”. **Centro de Producción de Tecnologías más Limpias.CNI**. 32 p La Paz- Bolivia. 2009.

REA J. “Observaciones sobre biología floral y estudio de saponinas en Chenopodium quinoa Willd. Ministerio de Agricultura (Bolivia). Serie técnica N° 3. 1948.

SACARPATI DE BRICEÑO, Z. AND BRICEÑO O. Evaluación de la composición algunas entradas de quinua del banco de germoplasma de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, p. 69-77. In: **Tercer Congreso Internacional de Cultivos Andinos**, 8-12. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, La Paz- Bolivia 1982.

SALAS R. Boletín meteorológico. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. **SENAMI**. 1987.

SALM H. “Estudio preliminar de suelos del Altiplano Central de Bolivia”. **Ecología en Bolivia**. 4: 43-57. 1983.

SENAPI. “**Resolución Administrativa N° 018** d/f 23-07-02., 2002.

ECONOTICIAS BOLIVIA. Documento disponible.

[www.socialismobarbarie.org/bolivia.../060618 a tierrafiscal.htm](http://www.socialismobarbarie.org/bolivia.../060618_a_tierrafiscal.htm). (Visitada: 10.06.2010)

SERVANT M. & S. VILDARY. "Les diatomées des dépôts lacustres quaternaires de l'altiplano bolivien". Cahiers ORSTOM, **Série Géologie** 10: 25-35. 1978.

SINGER N. S., TANG P., CHANG H., AND DUNN J.M. "Carbohydrate cream substitute". European Patent. N° 0403696 A1, **Office Européen des Brevets**, Paris. 1990.

SORAIDE D. "El boom de la quinua, alerta para la investigación" Fautapo. **Publicación del PIEB. N° 3409** La Paz- Bolivia. 2008.

SWINKELS J.J.M. "Sources of Storch, its chemistry and physics", In: **G.M.A. Van Beynum and J.A. Roels (eds.). Starch conversion technology** . Marcel Dekker, New York. p. 15-46,1985.

TAPIA M. "*La Quinua y la Kañiwa: Cultivos Andinos*" Ed. IICA; Bogotá Colombia 1979.

TERCEROS A. "La desertificación y los Procesos de transformación del Sistema Productivo de tres Comunidades del Altiplano Sur Boliviano". **Tesis em Magíster Scientiae**, Facultad de Ciencia, Universidad de los Andes Mérida, Venezuela. 207 p. 2007.

JUNE THOMAS. "Denominación Geográficas". **planagro**, Uruguay. 2004.

WOLF M.J. M.M. MACMASTER, RIST C.E. "Some Characteristics of the Starches of Three South American Seeds Forsfood". **Cereal Chem.** 27:219-222.1950.

YAÑEZ E.; IVANOVIC D. "La Producción e Industria de la Quinua". . **Mesa Redonda Internacional. IBTA-FAO.** 4p La Paz- Bolivia. 1983.

YAPU RUPERTINO. *Fibra y Carne de Camélidos del Altiplano Norte Boliviano*. Ed. IICA. Bolivia. 2008.

YÚFERA E. P. *Química de los Alimentos*. España, Editorial Síntesis. 394p.1998

ZDZISLAW G. "Inmuno-suppressive and inmuno-toxic action and contaminated honey bee products on consumers". **J.CHEM.** 56(10): 634-638. 2000.