



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"ASPECTOS BIOQUIMICOS, NUTRICIONALES Y TECNOLOGICOS DE TRES ESPECIES DE PLANTAS DEL GENERO CHENOPODIUM"

(Trabajo monográfico de actualización)



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

BUNICE FLORES ACOSTA





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

I. ANTECEDENTES ARQUEOLOGICOS Y FILOGENETICOS	
DEL GENERO <u>CHENOPODIUM</u>	1
<u>Chenopodium pallidicaule</u> Aellen	2
<u>Chenopodium quinoa</u> Willdenow	3
<u>Chenopodium nuttalliae</u> Safford	8
II. COMPOSICION QUIMICA DE TRES ESPECIES SELECCIONADAS	18
III. ASPECTOS BIOQUIMICOS DE LAS TRES ESPECIES.	
RUTA FOTOSINTETICA C ₄ DE CHENOPODIUM	35
1) Proteínas y aminoácidos	
a) Proteínas	35
b) aminoácidos	36
2) Carbohidratos y otros componentes	
a) Carbohidratos	48
b) Vitaminas	50
c) Acidos grasos	50
d) Saponinas	55
3) Ruta fotosintética C ₄ en <u>Chenopodium</u>	61
IV. VALOR NUTRICIONAL DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS DE <u>CHENOPODIUM</u>	65
V. USOS Y APLICACIONES DE LA HARINA Y LAS HOJAS EN LA ALIMENTACION HUMANA. ASPECTOS TECNOLOGICOS.	
CULTIVO TRADICIONAL	78

VI. RESUMEN Y CONCLUSIONES	104
VII. BIBLIOGRAFIA	107

I. ANTECEDENTES ARQUEOLOGICOS Y FILOGENETICOS DEL GENERO

CHENOPODIUM

No es exagerado afirmar que entre las plantas alimenticias cultivadas por los aborígenes de América, el grupo de los "pseudocereales" es el menos conocido. Con este nombre se designan a los de dicotiledóneas ricos en materia amilácea que pueden ser empleados en panificación (31). Entre dicho grupo se incorpora a las Chenopodiáceas o "quenopodios".

Se conocen tres especies de Chenopodium en cultivo como plantas alimenticias: C. pallidicaule Aellen y C. quinoa Willd, en Sudamérica y C. nuttalliae Safford en México. Las tres son nativas. La quinua (C. quinoa y C. pallidicaule) y el "huauzontle" (C. nuttalliae) fueron importantes plantas utilizadas como alimento en tiempos de la conquista (29).

Otras especies del género se conocen por haber sido también importantes fuentes de alimento indígena en Norteamérica, esto sugiere la conveniencia de intensificar su cultivo. Se sabe asimismo que en Europa se usan diversas especies silvestres como alimento. Es sorprendente el amplio uso que tienen los quenopodios como alimento; estas especies producen un gran número de semillas las cuales tienen un alto contenido proteínico (29).

Hay evidencia arqueológica que muestra que los quenopodios se usaron en Europa como grano, y varias formas de las especies son aun cultivadas ahora en áreas del noreste de la India. Pero los Andes es la única área donde un quenopodio (quinua) constituye un importante cultivo (72).

Chenopodium pallidicaule Aellen.

Nombres vulgares: Bolivia: "Cañagua".- Ecuador: "Chichiquinua" .- Perú: "Cañihua", "Cañahua" (31).

Chenopodium pallidicaule es una especie oriunda de las altas montañas del Perú y Bolivia; únicamente es ahí donde se la conoce y cultiva y donde existe una gran concentración de variedades y formas.

Entre las especies productoras de granos amiláceos, la "cañihua" es la que se cultiva regularmente a mayores alturas (término medio: 4 000 m). Su área de dispersión es muy poco extensa y se circunscribe principalmente a los departamentos de Puno, Cusco y Junín en Perú y a los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, en Bolivia.

En las serranías ecuatorianas el cultivo de C. pallidicaule se practica en muy reducida escala y se y se emplea principalmente como forraje para cerdos.

La planta es pequeña, color oscuro y fruto caduco (1 a 2 mm) y es quizá mejor conocida como semidomés-

tica. Es diploide y no está relacionada con otras especies cultivadas, siendo puesta en una subsección diferente del género. En lo que va es desconocido el registro arqueológico (29).

Chenopodium quinoa Willdenow (Fig. 1)

Nombres vulgares.- Los principales nombres que esta planta recibe en la actualidad, excluyendo también los que se aplican a cada una de sus variedades, son: "quinua" Bolivia y Perú (31) y "suba" y "pasca" en Colombia (54).

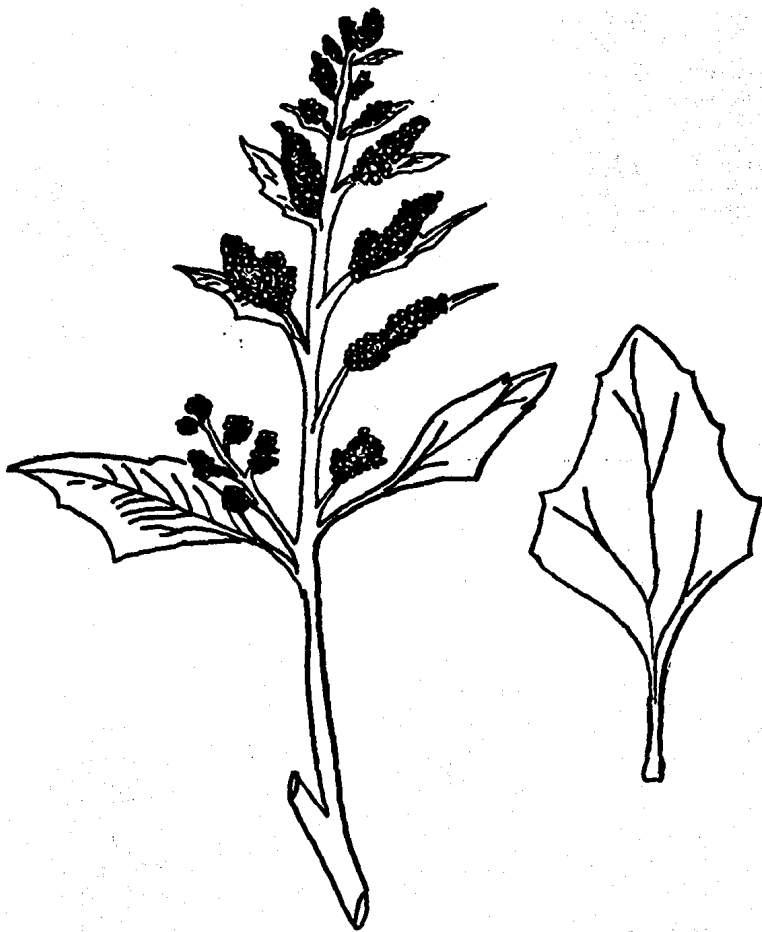
La quinua es una planta cultivada que recibe varios nombres vulgares, unos indígenas de América y otros extranjeros (31, 54):

1) Suba.- parece que los indios Chibchas y las otras tribus que poblaron anteriormente la meseta Cundi-boyacense denominaron "suba" o "supha" a la quinua.. Asimismo, parece que las voces suba y subacá se emplearon para designar a otra Chenopodiácea espontánea que los españoles denominaron cenizo (54).

2) Pasca.- Los chibchas también denominaron "pasca" a la quinua. Etimológicamente significa, "la olla de comida del padre", o sea, la admirable comida que los padres aborígenes daban a sus hijos en los distintos pueblos de la meseta colombiana (54).

3) Supha o jupha o hupa.- En lengua aymara se

Figura 1.- Rama y hoja de la quinua



llamó y se llama todavía hupha, supha o hupa a la quinua, pero parece que estas voces cayeron en desuso en Bolivia desde hace largo tiempo al haber sido sustituidas por la voz quinua o quinoa.

Resulta de singular interés el parecido fonético existente entre la voz "suba" chibcha y las voces "jupha" o "Hupha" aymara, que, posiblemente, debió pronunciarse "supa" o "jupa" (32, 54).

Es posible que los antiguos habitantes Cuyumbe (hila) por su vecindad con la sabana de Bogotá, hubieran tenido relaciones comerciales con los chibchas o sus antecesores; que de este contacto hubiera resultado la dispersión de la quinua hacia el sur y la actual Colombia; y que, en una etapa ulterior, las mismas gentes del Viejo Cuyumbe hubieran llevado hacia el sur del continente las simientes benéficas para compartirlas con las otras naciones con las cuales, a su vez, compartieron numerosos elementos culturales, entre los cuales es ostensible e indudable el arte lítico monumental (31, 54).

4) Quinua o Kiwina.- La voz quinua es considerada sin discusión como de origen Chibcha, no es extraño sostener que los primeros descubridores del Ande americano hubieran difundido la nutritiva quinua como maravilloso don que les permitía tener cultivos agrícolas en los páramos, hoy inhospitalarios y en las punas, siempre batidas por las

heladas y la nieve. No de otro modo se explicaría la existencia de miles de pequeñas terrazas agrícolas construidas cerca del tope de las cumbres andinas, ni tampoco la presencia de ciudades subterráneas, de ciudades amuralladas, de increíbles obras de ingeniería hidráulica y de caminos, en lugares deshabitados, como consecuencia del olvido del cultivo de la quinua (54).

5) Llijccha.- De las varias naciones que hablaron el Runa-Chimi, unas emplearon la voz llijccha para reconocer a la planta de quinua y otras, sólo para denominar a las hojas de ella (54).

6) Ackharu.- Los pueblos que hablaron el aymara emplearon también la voz ackharu para denominar a la quinua (54).

7) Quinoa.- Es una alteración fonética del nombre quinua, muy frecuente entre los collas y los antiguos chibchas. En esta forma fue recogida por el creador del nombre científico de esta planta (54).

8) Quiuna.- Es también una alteración fonética de la palabra quinua, empleada principalmente por las gentes que hablan el dialecto o forma Chinchaysuyo de la lengua Runa-shimi (54).

9) Kinigua.- En la plaza del mercado de Popayan, hasta 1940 se vendía quinua con el nombre de kinigua. Indudablemente se trata de una modificación de la voz origina-

ria quinua a través de un larguísimo uso, sin apelar al lenguaje escrito (54).

Los principales nombres no americanos son (31): arrocillos, arrocillo americano, arroz del Perú, arroz miudo do Perú, arroz pequeño, bledo morisco, heidekorn, mijo, mijo del Perú, peruanishce reismelde, trigo inca, etc. (54).

El nombre latino más generalizado es Chenopodium quinoa Willd; pero es frecuente encontrar los nombres Chenopodium canigua o Chenopodium kanagua, empleados para la misma planta, debido a que algunos autores describen con el nombre de quinua a la cañihua, que es una especie muy cercana a ella. No pocas veces algunos autores, al hablar de quinua, se refieren al Amaranthus sp., la quinua no Chenopodiácea, que es la quihuicha, achis, coyos o quinua millmi (31, 54).

Aellen (1) considera a C. hircinum Scradler como la especie silvestre más afín a C. quinoa y, por ende, como su posible antecesor directo.

Hunziker (31) también sugirió que Chenopodium hircinum puede ser el progenitor silvestre de la quinua (67).

Si se exceptua Bolivia, Perú y en el Ecuador, en los demás países donde C. quinoa tuvo importancia como planta alimenticia está en completa decadencia.

Así, en Colombia a desaparecido totalmente, en Chile es una rareza y en Argentina sólo se han encontrado pequeños cultivos en la Quebrada de Huamahuaca en la gobernación de los Andes (Fig. 2) (31).

La quinua es el prototipo de los pseudocereales americanos. Bien conocida es la importancia que tuvo en las culturas precolombinas de Sudamérica, en especial la Inca. Maíz, papas y quinua constituyen un trinomio inseparable toda vez que hay que referirse a la alimentación indígena de este continente (32).

Se conocen de Perú y Argentina datos arqueológicos de quinua fechados del comienzo de la era cristiana (29), pero no hay evidencia real como para el tiempo de evolución. Los primeros datos parecen ser del grano de quinua en una tumba argentina, 2 000 B. P. pero el cultivo debió haber sido domesticado mucho antes.

Se cree que la planta se domesticó de un ancestro silvestre en las áreas altas de Bolivia, Colombia y Perú. Diferente de papas y maíz, se ignoró por los españoles, y esta negligencia continuó hasta recientemente (72).

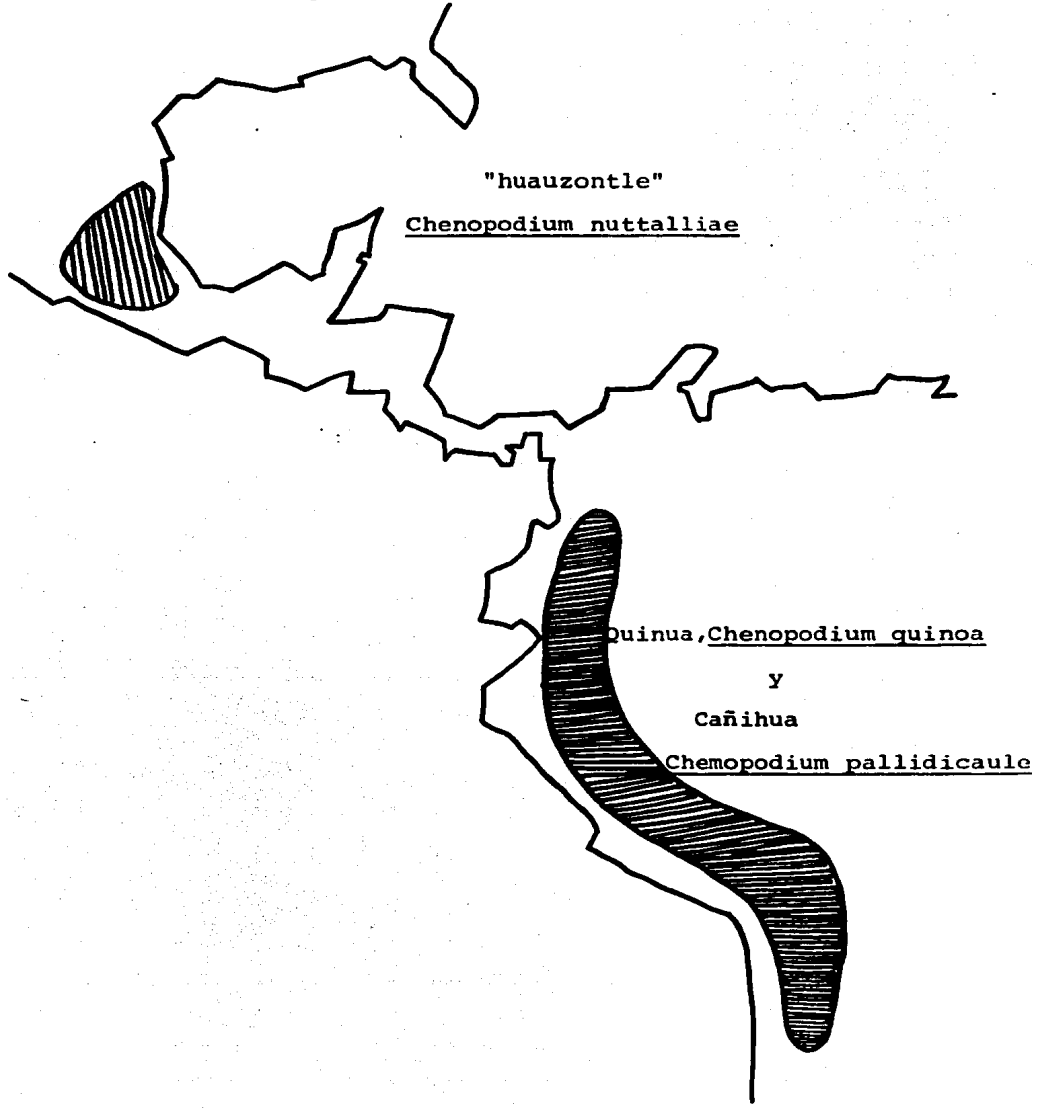
Chenopodium nuttalliae Safford.

Nombres vulgares.- "huautli", "michihoautli" y "micihuahtli" (30); "huazontle", "guazoncle" (51, 58, 61); "xochihuahtli" y "tlapalhuahtli" (17, 31).

C. nuttalliae es una especie mexicana; el escaso material que de ella se conoce, procede de cultivos y

Figura 2

Distribución de quenopodios cultivados



hasta el presente no se ha mencionado el hallazgo de formas silvestres (31,32).

De gran importancia para los antiguos mexicanos, tanto en el aspecto alimenticio como religioso, su cultivo parece ser hoy en día una rareza. De acuerdo a Nuttall, hacia el año 1917, este pseudocereal se cultivaba mucho en los estados de Michoacán, Oaxaca, Veracruz y Tamaulipas (31).

Bukasov (17) señala su cultivo en México pero nada dice sobre su importancia y distribución geográfica; después, Martínez, en su obra sobre las plantas útiles de México, la ignora por completo, tanto en la primera edición como en la segunda (31. 42. 43).

Los aztecas requerían pagar un tributo anual para su gobierno central. Los pagos eran frecuentemente en forma de productos agrícolas y, de registros de productos pagados después de la conquista española (19), se puede comprobar la importancia relativa de varias plantas cultivadas en la agricultura nativa de México (74)

Maíz	28 trojes'
Frijol	21 trojes
Chiau o Chian"	21 trojes
Guautli o huautli	18 trojes (32)

'Troje: medida equivalente a 4 000 fanegas, En España una fanega equivale a 55 litros pero varía según la región
"Salvia hispanica L.

La planta siempre es descrita como reliquia, declinando su cultivo en el presente (66, 67) y esto puede observarse si la producción actual se compara con la de los tiempos precolombinos (74).

Hay un antecedente de valor para decir que, por "huautli", hay que entender las semillas o frutos de Amaranthus y Chenopodium.

Safford presento a "huautli" como una especie de Amaranthus unicamente, pero después recibió de la etnóloga Z. Nuttall, unas semillas con el nombre de "huautli" que resultaron ser del género Chenopodium, describiéndolo con el nombre de Chenopodium nuttalliae. Con este hallazgo se observa que aparecen un Amaranthus y un Chenopodium con el mismo nombre vulgar entre los alimentos de los aztecas (61).

Safford describe a C. nuttalliae como "uauhtzontle" o "huautsontli" de los aztecas; "huauzontle" o "ghausoncle" de los mexicanos (61).

Por lo contrario. la situación cambia radicalmente si se pasa revista a los dibujos del atlas del Códice Florentino, (Fig. 3) que publicara Paso y Troncoso (62). He aquí la lista de las plantas dibujadas en cuyo nombre entra el término "vauhtli": xochivauhtli; tlapalvauhtli; totolvauhtli; veivauhtli; michivauhtli; tezcavauhtli. Fácilmente se reconoce en los primeros cuatro dibu-



Figura 3.- dibujos del códice florentino publicado por Francisco del Paso y T. en el V tomo de su edición de la obra sahaguntina.

jos a Chenopodium nuttalliae por sus hojas anchas, con bordes sinuosos, y en las dos últimas a especies de Amaranthus, con hojas mas angostas y de borde entero (32).

Por lo expuesto, se resume que en tiempos precolumbinos las culturas de ciertas áreas de México cultivaron dos centrospermales con semillas alimenticias, a saber: Chenopodium nuttalliae y Amaranthus hybridus var leucocarpus. Por la gran semejanza entre una u otra planta, en algunos casos fueron confundidas entre sí, reinando cierta anarquía en la aplicación de sus nombres vulgares; no obstante, en su mayoría, las crónicas revisadas parecen designar "huautli" (o "vautli" o "guautli" o "huauzontli") al Chenopodium, y como "michihuautli" al Amaranthus (32)

También se consideró a C. nuttalliae y a C. quinoa como una misma especie. Fue Safford quien describió la especie domesticada en México, C. nuttalliae. Aellen (1) después concluyo que el doméstico mexicano no era específicamente distinto de C. quinoa, pues de la deficiente descripción, se desprende que la única característica que, según Safford, diferencia a C. nuttalliae de C. quinoa Willd reside en el color del episperma, que es castaño amarillento en la primera y blanco en la segunda. Esta diferencia que por sí sola es demasiado fútil para separar dos buenas especies, no es tal, pues C. quinoa tiene razas cuyas semillas son idénticas a las de C. nuttalliae. Por ello es que, desde este punto

de vista, se justificaría el criterio seguido por Allen (1) de sinonimizar ambos nombres. Sin embargo C. nuttalliae merece ser considerada como una especie distinta a C. quinoa, dada la peculiarísima estructura del perigonio (29, 31, 32, 50, 76).

Trabajos después mostraron que ambos domésticos son tetraploides ($2n=4x=36$) con el pericarpio alveolado típico de la sección Chenopodium, subsección Cellulata (74).

Parece evidente que C. quinoa nunca fue cultivada por los mexicanos y que las afirmaciones que a veces se encuentran en este sentido, deben ser referidas a C. nuttalliae. Ulbrich es el único autor que trae un dato concreto a este respecto (39, 40).

En base a la morfología de Chenopodium quinoa de los Andes y Chenopodium nuttalliae de México parecen ser especies muy relacionadas. Se han hecho híbridos artificiales entre las dos. Esto sugiere que ambas especies pueden ser derivadas de un mismo tipo silvestre. Una planta, C. quinoa var. melanospermum, se conoce en Sudamérica, pero una raza relacionada a C. nuttalliae de México no se ha reportado (29, 50).

Hunziker (32) indicó que el cultivo C. quinoa var. melanospermum Hunziker podría representar una forma intermedia entre los cultivos más especializados de C. hircinum.

Si la hipótesis conespecífica no es correcta, y ambas plantas domésticas son especies distintas, luego ambas pudieron haber evolucionado el síndrome adaptativo en la agricultura del Nuevo Mundo (29). Hunsiker (32) apoya esta posición, ve a C. nuttalliae como un domesticado nativo en México. Nelson (50) juzgó ambos domesticados como especies distintas en base a un modelo bimodal de variación de forma de hoja.

C. berlandieri es el único miembro tetraploide de la subsección Cellulata que es simpátrico con el domesticado mexicano.

Parece que los cultivos mexicanos evolucionaron de C. berlandieri bajo selección humana en México, en tanto que C. quinoa pudo haber evolucionado independientemente en Sudamérica sin influencia del norte (74).

Evidencia de filología, utilización, morfología y genética sugieren que C. quinoa y C. nuttalliae tuvieron orígenes separados distintos como plantas cultivadas. El centro de origen puede ser el altiplano de Bolivia y el valle central de México respectivamente. El hombre inicialmente recogía esta planta fácilmente disonible del estado silvestre (50).

Las dos especies tienen nombres comunes diferentes y su uso es diferente en México y Sudamérica lo que sugiere domesticación diferente para las dos. Como se anotó arriba, un tipo silvestre de quinua se conoce en Sudamérica mientras

que ningún tipo silvestre se conoce en México.

La posibilidad de que Chenopodium pudo haber sido un fruto prehistórico domesticado en el este de los E. U. se propuso hace 50 años (6) pero se rechazó subsecuentemente. Sin embargo, análisis de colecciones arqueobotánicas de la cueva Roca Ozack (Alabama) indican una probable introducción en el prehistórico tardío (después A.D. 1 000) en los bosques del este de una variedad doméstica de quenopodio (Chenopodium berlandieri ssp nuttalliae o, "huauzontle"), la cual carece de la distintiva capa externa dura de la semilla o testa del quenopodio silvestre (75).

En suma ambos, bosque medio (hace 1 900 a 1 700 años) y bosque tardío (hace 1 500 a 1 200 años) situados en Illinois producen frutos Chenopodium con un margen truncado y aparente capa fina se reconoció en el arcaico terminal (hace 2 700 a 2 000) en colecciones arqueobotánicas de la cueva Salts sugiriendo la posible presencia de un quenopodio doméstico para ese periodo temprano (68).

Una excavación en 1962 produjo evidencia de una larga secuencia de un 10-milenio de ocupación humana intermitente. En una excavación anterior se descubrieron contra la pared noreste de la cueva los vestigios de una canasta en forma de platillo conteniendo Chenopodium carbonizado (68).

La canasta recientemente relocalizada en la colección no catalogada Cueva Russell en el Museo Nacional de Historia Natural se encontró que consiste en un ensamble arqueobotánico cuidadosamente mezclado y carbonizado que incluye madera, hojas hierba y fragmentos de nueces americanas, (4.3 g) y aproximadamente 50 000 frutos de Chenopodium (68).

Sobre la base de la localización geográfica de la cueva Russell y el rango de tamaño de los frutos, se podría asignar después para las especies de Chenopodium berlandieri (68).

Los frutos completos de la cueva Russell se examinaron para buscar evidencia de los cinco cambios morfológicos interrelacionados que juntos completan la respuesta adaptativa incluyendo Chenopodium (75).

Entre los frutos domésticos mexicanos la "Chia" variedad del Chenopodium berlandieri ssp nuttalliae conserva una delgada capa en la semilla.

II. COMPOSICION QUIMICA DE TRES ESPECIES DOMESTICADAS

En este capítulo se presentan en forma de tablas los datos encontrados en diferentes fuentes, sobre la composición química de Chenopodium quinoa, Chenopodium pallidicaule y Chenopodium nuttalliae.

Los datos que figuran en las numerosas publicaciones sobre la composición química proximal del grano de la quinua exhibe una gama muy amplia. Esto se puede interpretar como resultado de la gran variedad de especies y ecotipos de quinua que existen.

La tabla 1 es un ejemplo de los resultados diferentes que se encontraron en la bibliografía, en esta tabla se presentan cada una de las referencias halladas. Romero C. (59) es el que da la mayor diferencia en los valores, esto podría ser absurdo pero si se piensa en que estos resultados son de diferentes variedades y recolectadas en diferentes condiciones se puede entender la causa de esta variación. Sólo en la Estación Experimental Agrícola de Comacani Puno-Perú se cuenta con 1834 entradas (Banco de germo-plasma de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano) (65).

La humedad varía de 5.4 a 20.7%, dando una media de 10.35% \pm 4.6.

La proteína varía de 9.6 a 22.1%, con un promedio de 13.61% \pm 4.34.

La grasa varía de 1.8 a 8.4%, con un promedio de 6.01% \pm 2.13.

Las cenizas varían de 2.4 a 9.7%, con un promedio de 3.13% \pm 2.57.

Los carbohidratos varían de 46.0 a 77.5%, con un promedio de 64.99 \pm 11.14.

La fibra varía de 1.1 a 7.2%, con un promedio de 4.74 % \pm 2.0.

En la tabla 2 se observa la variación de la composición química con respecto a diferentes variedades de quinua y de acuerdo a varios autores.

En la tabla 3 se encuentran los porcentajes de proteína total en granos de diferentes variedades de quinua: los valores de proteína total oscilan entre 9.44 y 13.88%, teniendo un promedio de 12.11% de proteína que es en general el reportado en la literatura.

Las semillas de quinua son ampliamente conocidas por su contenido proteínico superior al de los cereales más importantes (Tabla 4). Se observa que en cuanto a proteína su contenido es superior a: arroz, avena, cebada, centeno y maíz, y también en sales minerales y grasas.

En lo que se refiere a composición de minerales también se encuentran variaciones amplias. En la tabla 5 se pueden apreciar los valores encontrados.

En la tabla 6 se muestra la composición química proximal de germinados de quinua, destaca su contenido elevado de proteínas y carbohidratos.

En las tabls 7,8 y 9 se muestra la composición química de hojas, tallos y plantas completas de quenopodios, donde se observa también un buen contenido de proteínas.

Referente a huauzontle, Chenopodium nuttalliae, no existen tantos datos como los encontrados para quinua, aun así, se observa que también existen variaciones dependiendo del lugar donde se recolectó la muestra. En las tablas 10 y 11 se encuentran los datos de composición química del huauzontle.

En la tabla 12 se compara al huauzontle con otros cereales y quinua. En esta tabla se puede advertir que el huauzontle tiene un contenido de proteína superior al de los cereales en comparación (maíz, trigo, cebada y arroz). Ver gráfica 1.

En la tabla 13 se compara el porcentaje de grasa y algunas constantes del aceite de la semilla de huauzontle con otros aceites comestibles. Como puede verse el contenido de aceite es mayor para el huauzontle que para maíz, pero mucho menor, que el que contienen las semillas oleaginosas.

Con respecto al índice de yodo se observa que es mayor el del maíz y muy cercano a los aceites de soya y girasol, lo que indica que al igual que estos aceites, el de la semilla de huauzontle tiene un elevado contenido de ácidos grasos insaturados.

En lo referente al índice de saponificación, se observa que es menor en comparación con el de los otros aceites esto puede interpretarse como un mayor contenido de ácidos grasos de cadena larga en el aceite de la semilla de huauzontle.

TABLA 1

Composición química de los granos de quinua según diferentes autores

Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Carbohidratos	Fibra	Ref.
	14.525	4.408-8.484	4.067		4.408	5
	12.913	6.762	2.647		4.25	14
10.80	12.10	6.10	2.70	68.3	6.8	25
9.4-13.4	11.0-21.3	5.3-8.4	3.0-3.6	53.5-74.3	2.1-4.9	35
10.16	13.68	6.27	2.74	63.85		46
5.4-20.7	9.6-22.1	1.8-8.2	2.4-9.7	46.0-77.4	1.1-5.8	59
8.0	11.26	3.4		65.0	7.2	63
	11.0	5.3			4.9	73

Ref. = Referencia

Composición química de variedades de quinua (%)

Variedad	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Ceniza	Carbohidratos	Referencias
Blanca de juli	11.28	17.41	4.52	2.83	3.69	70.55	59
	-0-	11.81	4.58	2.18	3.27	-0-	65
Kancolla	12.52	9.08	5.37	5.21	7.69	-0-	47
	9.49	17.46	3.85	2.51	3.71	72.47	59
	13.6	11.5	5.2	2.6	3.3	63.8	39
	-0-	14.06	5.71	3.58	3.18	-0-	65
Osfam	13.07	9.29	6.63	1.49	3.06	-0-	47
	9.51	17.82	3.48	2.16	3.44	73.16	59
Illimani	10.58	17.83	4.56	3.35	3.74	70.52	59
Dorada	10.93	16.58	4.65	3.75	3.58	71.44	59
Pansakalla	10.85	15.97	4.71	2.98	3.23	72.11	59
Nariño	9.38	18.59	5.01	2.39	3.27	70.74	59
	9.42	16.86	5.52	-0-	2.35	65.98	37
Sajama	12.4	19.0	5.7	2.2	3.1	-0-	69
	11.51	13.67	6.02	2.68	2.53	75.18	59
	-0-	13.79	5.82	2.37	2.79	-0-	65
	12.2	15.6	4.6	3.9	2.7	-0-	69
	12.14	13.25	4.12	2.44	4.31	-0-	47
Quitopamba	10.93	10.23	5.99	1.71	2.72	-0-	47
	9.13	17.00	5.46	-0-	2.35	66.04	37
Cheweca	-0-	8.79	5.94	3.3	2.16	-0-	65
	15.3	14.7	5.0	4.0	3.6	-0-	69
Witulla	-0-	11.48	4.36	3.19	3.46	-0-	65
	12.47	12.54	6.08	2.65	2.92		47
Ecotipos Chilenos							47
Catentona	11.6	15.5	3.6	-0-	3.4	65.9	35
Pichaman	7.5	16.6	3.3	-0-	2.5	70.1	35
Litu	13.9	15.2	4.2	-0-	2.9	63.8	35
Chen. pall.							
Cañihua	-0-	14.1	4.1	10.7	4.6	-0-	73
	-0-	13.88	8.32	6.25	4.21	-0-	65

Tabla 3

Porcentaje de proteína total en granos de variedades de quinua

Variedad	% base húmeda	Referencia
Lasta rosada	13.69	8
Saihua rosada	13.22	8
Dorada de Bolivia	13.26	8
Sajama	12.94	8
"	13.79	65
Real	12.78	8
Kellu	12.76	8
Cheweca	11.00	8
"	10.92	65
Ckoito	10.47	8
Chullpi	10.40	8
Pasankolla	10.20	8
Pantela	9.44	8
Cañihua (C.pall.)	13.88	65

Tabla 4

Comparación de la quinua con arroz, avena, cebada, centeno, maíz y trigo

Determinación	Quinua	Arroz	Avena	Cebada	Centeno	Maíz	Trigo
Humedad	9.80	10.25	12.30	13.70	12.60	12.28	11.34
Sales Minerales	4.73	0.60	2.60	2.40	1.20	1.49	1.46
Proteínas	14.16	7.69	8.20	10.40	9.50	10.67	11.72
Celulosa	5.10	tz.	8.70	3.40	1.70	1.68	2.65
Grasa	5.73	0.16	5.60	1.20	1.60	4.30	2.08
Carbohidratos	59.85	81.30	62.60	68.90	73 a 80	69.68	70.75

Fuente: Referencia 54

tz. = Trazas

Tabla 5

Minerales en los granos de quinua

Mineral	Cantidad mg/100g	Referencia
Calcio	101.0	5
	107.0	25
	46.40 - 340.0	59
	140.7	63
	131.0	73
Fósforo	366.0	5
	302.0	25
	286.0 - 472.0	59
	410.6	63
	424.0	73
Hierro	111.892	5
	5.20	25
	3.10 - 23.80	59
	10.7	63
	6.0	73
Potasio	45.0	59
	0.478	5
Magnesio	0.143	25
Calcio: potasio	3,620	5

Tabla 6

Composición química de los germinados de quinua (%)

Base húmeda

Determinación	Cantidad
Humedad	4.0
Proteína	17.8
Grasa	6.7
Fibra	3.9
Carbohidratos	62.7
Cenizas	2.3

Fuente: Referencia 15

Tabla 7

Composición de hojas y tallos de quinua (%)

Determinación	Planta completa	hojas	tallos
Material seca	11.8	13.0	11.4
Cenizas	10.5	21.5	17.0
Proteína	21.0	31.3	13.4
Extracto etéreo	1.8	1.8	0.3

Fuente: Referencia 23

Tabla 8**Composición química de hojas de variedades de quinua, (%) base seca**

Variedad	Materia seca (75°C/24 hr.)	Cenizas (300°C)	Proteína
Sajama	12.74	27.10	21.89
Real de Bolivia	16.43	21.90	17.80
Blanca Real	15.09	24.42	23.63
Blanca amarga	18.18	19.72	22.91
Cheweca	15.08	20.66	20.15
Tupiza	16.26	21.70	20.33

Fuente: Referencia 20

Tabla 9

Composición química de hojas de variedades de quinua, % base húmeda

Variedad	Humedad	Ceniza	Proteínas	Lípidos
Sajama	87.25	3.47	2.79	2.2
Real de Bolivia	83.57	3.59	2.92	2.1
Blanca Real	84.91	3.68	3.57	1.9
Blanca amarga	20.28	3.59	4.17	2.3
Cheweca	84.92	3.12	3.04	2.0
Tupiza	83.74	3.55	3.31	2.1

Fuente: Referencia 20

Tabla 10

Composición química de huauzontle, Chenopodium nuttalliae

Determinación	Semillas %	Planta %	Referencia
Humedad	10.5	74.2 - 85.2	21
		68.20	63
Proteína	13.7	5.25 - 5.3	21
		9.52	63
		17.4	64
Grasa	6.3	0.40 - 0.57	21
		4.04	63
		5.85	64
Fibra	6.5	1.67 - 3.12	21
		0.29	63
		4.77	63
Carbohidratos	64.0		21
		68.12	64
Cenizas	3.3	3.4	21
		3.44	63
		3.76	64
Extracto no nitrogenado		3.57 - 13.46	21

Tabla 11
Minerales en huauzontle

Mineral	Cantidad mg/100g
Calcio	212 - 147
Fósforo	93
Hierro	-0-

Fuente: Referencia 21

Tabla 12

Análisis proximal de huauzontle en comparación con algunos cereales de importancia
(% base seca)

Semilla	Proteína	Cenizas	Grasa	Fibra	Carbohidratos
Huauzontle	17.5	3.76	5.85	4.77	68.12
Quinua	13.81	3.36	5.03	4.14	60 - 70
Maíz	10.3	1.4	4.5	2.3	83.8
Trigo	13.4	1.9	2.4	2.4	82.3
Cebada	10.1	1.2	1.1	0.8	87.6
Arroz	10.1	1.4	2.1	1.0	86.4

Fuente: Referencia 64

Tabla 13

Comparación de algunas constantes del aceite del huauzontle con las de otros aceites comestibles.

Aceite de comestible de	% Grasa	Indice de yodo	Indice de saponificación	Indice de refracción.
Huauzontle	5.85	138	174	1.4772 - 1.4774
Maíz	4.5	111 - 130	188 - 193	1.473 - 1.475
Soya	17.7	118 - 140	189 - 196	1.472 - 1.476
Girasol	51.30	125 - 141	185 - 195	1.474 - 1.477
Cacahuate	46.7	83 - 100	185 - 196	1.468 - 1.472
Aceite de Chenopodiáceas				1.474 - 1.479

Fuente: Referencia 64

III. ASPECTOS BIOQUIMICOS DE LAS TRES ESPECIES. RUTA FOTO-SINTETICA C₄ DE CHENOPODIUM

1.- Proteínas y aminoácidos

a) Proteínas

La importancia de la quinua y cañihua como alimento es la calidad de sus proteínas; por estudios analíticos de las fracciones que la componen, por electroforesis en cámara de Tiselius o gel de poliacrilamida, se encontró que tres fracciones corresponden a prealbúmina, albúmina y globulina del plasma humano (52). Por extracción fraccionada se determinó la proporción de cada una de las fracciones correspondiendo a las globulinas la principal fracción que varía entre 26 y 45% de la proteína total, albúmina 4.5 a 20% y prolaminas entre 0.5 y 8% y las proteínas insolubles que no fueron extraídas corresponden a 12 a 51% de las proteínas totales y se mencionan como glutelinas (65).

Comparando las fracciones proteínicas de quinua con las de otras especies vegetales tenemos que el trigo tiene 9.1% de albúmina, 8.3% de globulina y 80.5% de gluten y la cebada 11.8% de albúmina y globulina, 0.81 de glutelina y 80.11% de prolaminas (65).

En resumen, de los estudios de las fracciones proteínicas de diferentes variedades de quinua, se determino que contienen un elevado contenido de proteínas insolubles, glutelinas, globulinas y albúminas y la fracción

que se encuentran en menor porcentaje son las prolaminas (Tablas 14 y 15) (8, 70).

En cuanto al contenido proteínico de la semilla de quinua, de los numerosos estudios se ha encontrado que varía entre 12 y 21% dependiendo de la variedad, este valor la sitúa, junto con el amaranto, como la mayor fuente de proteínas en comparación con los cereales pero algo inferior a las leguminosas (8, 18, 46).

En el germen se encuentra casi toda la proteína y los lípidos de la semilla ya que contiene 48.5 y 28.0% respectivamente. El germen representa el 25% del total del volumen de la semilla (10, 35).

El nitrógeno no proteínico, en general, registra valores altos del nitrógeno total; aunque éste varía mucho de acuerdo a las variedades de que se trate (65).

b) Aminoácidos

Los estudios del contenido de aminoácidos en diferentes variedades de quinua indican que la proteína contiene cantidades considerables de aminoácidos esenciales (Tablas 16 y 17); estos estudios indican que presenta más isoleucina, lisina, fenilalanina, tirosina y valina que los cereales más comunes (Trigo, cebada, avena, maíz) y posee valores menores en cuanto a metionina y triptofano (Tabla 18) (24, 25, 46, 71, 73).

Analizando los datos encontrados por los diferen-

Tabla 14

Porcentaje de las fracciones de las proteina del grano de quinua

Fracción	% en la muestra	% en la proteina
Albuminas y globulinas	6.029	46.299
Glutelinas	3.704	28.616
Prolaminas	3.241	25.002

Fuente: Referencia 13

Tabla 15

Porcentaje de fracciones de proteína en granos de variedades de quinua

Variedad	Albúmina	Globulinas	Glutelinas	Prolaminas
Lasta rosada	0.93	0.96	7.88	0.06
Chullpi	0.84	0.79	6.08	0.07
Saihua rosada	0.73	0.96	7.86	0.04
Real	0.53	0.92	7.99	0.05
Sajama	0.52	0.89	6.74	0.07
Dorada de Bolivia	0.48	1.07	7.96	0.10
Kellu	0.43	0.76	7.27	0.05
Cheweca	0.33	0.85	6.74	0.02
Pasankalla	0.29	0.59	6.51	0.04
Pantela	0.26	0.80	6.00	0.04
Ckoito	0.26	0.63	6.87	0.04

Fuente: Referencia 8

Tabla 16

Composición de aminoácidos de las proteínas de la quinua
(Valores máximos y mínimos, de acuerdo a varios autores)
Calculado a 16 gramos de nitrógeno

Aminoácido	Mínimo %	Máximo %
Arginina	3.30	7.40
Acido aspártico	3.03	3.47
Acido glutámico	4.35	5.35
Histidina	2.70	3.86
Isoleucina	5.60	6.84
Leucina	5.07	7.10
Lisina	5.81	8.06
Metionina	2.40	5.10
Fenilalanina	3.50	5.26
Prolina	2.25	3.31
Serina	2.52	3.90
Treonina	4.02	5.16
Tirosina	4.41	6.44
Valina	4.00	7.47
Triptofano	0.72	1.10
Cistina	5.17	6.90

Fuente: Referencia 35

Tabla 17

Comparación de la composición aminoácida de quinua según diferentes fuentes comparadas con el patrón FAO (1973)

Aminoácido	Patrón FAO	Q	U	I	N	U	A
Arginina	-o-	6.5	3.3 - 10.3		1.170	1.61 - 11.50	10.99 - 12.97
Fenilalanina	6.0	4.5	2.9 - 5.8		0.443	0.55	3.75 - 4.68
Histidina	-o-	3.2	2.1 - 4.6		0.366	0.48 - 0.60	4.08 - 4.10
Isoleucina	4.0	5.2	2.6 - 6.9	⊙	0.761	0.44 - 0.63	3.72 - 4.31
Leucina	7.0	6.5	5.1 - 8.4		0.-75	0.73 - 0.96	6.18 - 6.52
Lisina	5.5	6.3	4.3 - 8.1		0.762	1.04	7.05 - 8.84
Metionina	3.5	2.5	1.0 - 5.5		0.223	0.18 - 0.24	1.53 - 1.64
Treonina	4.0	4.3	2.9 - 5.7		0.428	0.47 - 0.61	4.02 - 4.12
Triptofano	1.0	0.7	0.7 - 1.4		-o-	-o-	1.0
Valina	5.0	5.0	3.5 - 7.6		0.541	0.70 - 0.84	5.70 - 6.0
Alanina			4.4 - 5.3		0.562	0.62 - 0.70	4.76 - 5.26
Ac. aspártico			3.0 - 10.6		0.834	0.97 - 1.44	8.34 - 9.83
Ac. glutámico			4.3 - 17.2		1.548	1.59 - 2.40	13.37 - 16.32
Cistina			0.7 - 6.9		-o-	0.25	1.68
Glicina			5.2 - 8.2		0.657	0.68 - 0.80	5.80 - 5.98
Prolina			2.5 - 3.7		0.509	⊙ 0.43 - 0.48	2.94 - 4.14
Serina			2.5 - 5.3		0.511	0.54 - 0.62	4.44 - 4.56
Tirosina			1.7 - 6.6		0.296	0.4 - 0.42	2.74 - 3.65
Referencia	37	37	59		5	25	25
	(g/16g N)	(g/16g N)	(g/16g N)		(% en muestra)	(% base húmeda)	(% en la prot.)

Tabla 18

Comparación de aminoácidos esenciales de quinua, cañihua y trigo entero. Calculado para 16g de nitrógeno.

Aminoácido	Quinua %	Cañihua %	Trigo entero %
Arginina	7.4	7.9	4.3
Histidina	2.7	2.5	2.1
Lisina	6.6	6.0	2.7
Triptofano	1.1	0.8	1.2
Fenilalanina	3.5	3.6	5.1
Metionina	2.4	1.8	2.5
Treonina	4.8	4.8	3.3
Leucina	7.1	5.8	7.0
Isoleucina	6.4	6.8	4.0
Valina	4.0	4.6	4.3

Fuente: Referencia 73

tes autores (Tabla 16) se observa que existe una considerable variación en cuanto a la cantidad de cada aminoácido, ésto se debe a que son diferentes variedades de quinua las que han sido estudiadas, aun así el balance de aminoácidos esenciales encontrado revela buena calidad. Así tenemos, por ejemplo, que la variedad Sajama que fue desarrollada en Bolivia contiene menos metionina que las otras variedades de Quinoa. Los requerimientos de metionina y treonina publicados por FAO son 125 a 219 mg/g de nitrógeno respectivamente, comparado a 78 y 174 mg/g de nitrógeno en la variedad Sajama. Sin embargo, esta variedad contiene una cantidad equivalente o mayor a los otros aminoácidos esenciales por unidad de nitrógeno (40).

La composición aminoácida de la proteína de quinua indica que ésta tiene una baja proporción de aminoácidos azufrados (77).

Llama la atención el alto contenido de ácido glutámico de la proteína de la quinua chilena (que es un ecotipo); lo que puede ser la explicación del hecho de que esta quinua mejora los sabores de los guisos que la contienen (35).

Si se compara la composición de aminoácidos en las proteínas de la leche y las proteínas de quinua y cañihua se observa que son similares (73). En todos los casos esta limitada la metionina. La proporción relativa

es alrededor de 80% de la proporción requerida. En el trigo la lisina es el aminoácido más limitado, siendo alrededor de 55% de la cantidad requerida.

El estudio de aminoácidos cuya variación se muestra en las tablas 16 - 18, apoya el alto valor biológico encontrado en los estudios en ratas, indicando que la calidad de la proteína de quinua y cañihua es al menos igual que la de la leche (40, 73), como se vera más adelante.

En la tabla 19 se presenta el contenido de aminoácidos esenciales, la cuenta química y el aminoácido limitante para la semilla de huauzontle, comparados con el patron FAO 1973.

Como puede observarse los valores obtenidos para la semilla del huauzontle son muy similares a los del patrón o ligeramente menores como en el caso de treonina, valina y leucina la cuenta química resultó ser de 93 y el aminoácido limitante la leucina. Si se compara con la quinua, se observa gran similitud en el contenido de aminoácidos esenciales, aunque ligeramente menor.

El perfil de aminoácidos de los cereales al compararse con el patrón, no muestran un buen balance como los aminoácidos de la semilla del huauzontle. Ver gráfica 2.

En la gráfica 3 se puede observar el contenido de lisina en el huauzontle, que es menor que en la leche, pescado, carne, huevo y frijol.

Tabla 19

Contenido de aminoácidos esenciales, cuenta química y aminoácido limitante de huauzontle en comparación con la quinua y otros cereales

ALIMENTO grano de	Lis.	Iso.	Treo.	Val.	Trip.	Leu.	Met.	Fenil.	Cuenta química	Aminoácido limitante
Huauzontle	5.9	4.02	3.81	4.72	1.88	6.54	2.74	4.48	93.42	Leucina
Quinua	5.6	3.6	3.5	4.5	1.0	6.0	2.0	4.09	65.71	Leucina
Maíz	2.67	3.68	3.6	4.84	0.60	12.52	3.47'	8.70"	48.54	Lisina
Trigo	3.06	3.49	3.13	4.73	1.16	7.15	1.62	4.83	55.63	Lisina
Arroz	3.79	4.40	3.47	6.06	1.41	3.63	2.23	5.09	56.00	Lisina
Cebada	3.20	3.84	3.68	6.40	1.63	2.18	1.82	3.21	67.27	Lisina
Avena	3.97	4.04	3.55	5.47	1.35	7.78	1.80	5.36	72.18	Lisina
Patron	5.5	4.0	4.0	5.0	1.0	7.0	3.55'	6.0"		

FAO 1973

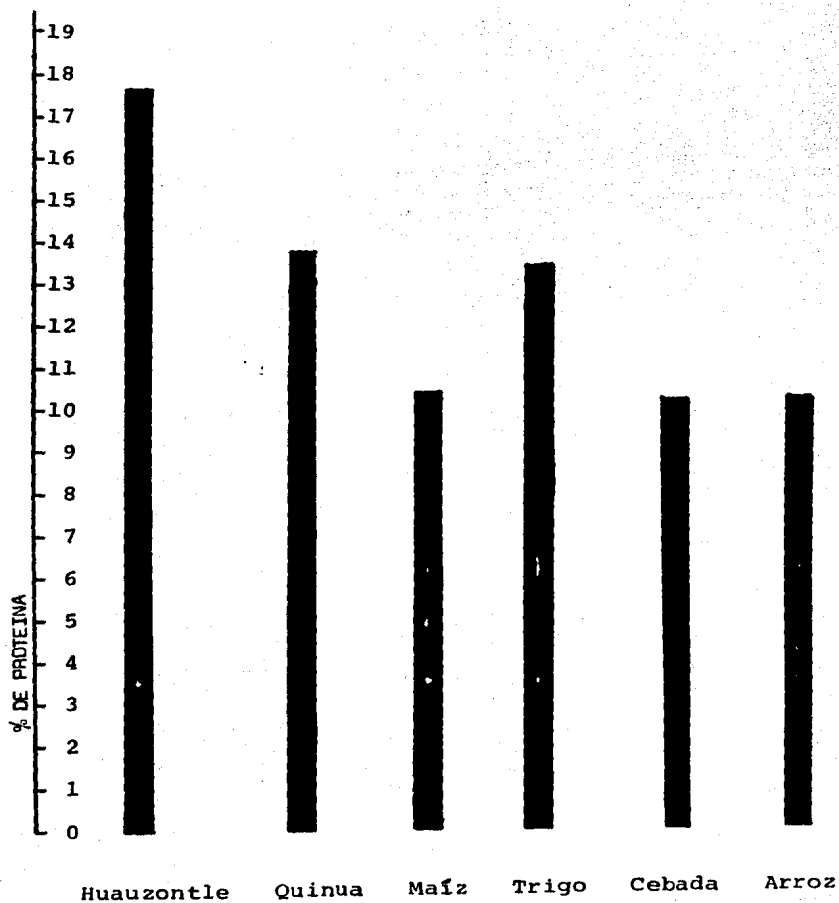
Fuente: Referencia 64

' Suma de azufrados

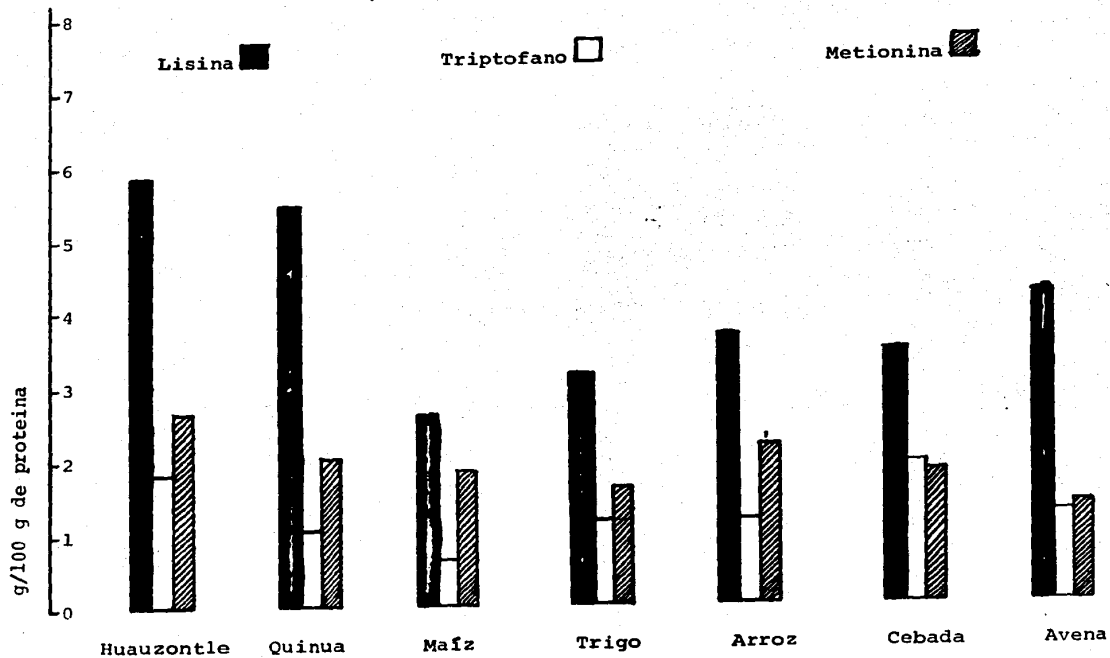
" Suma de aromáticos

Gráfica 1

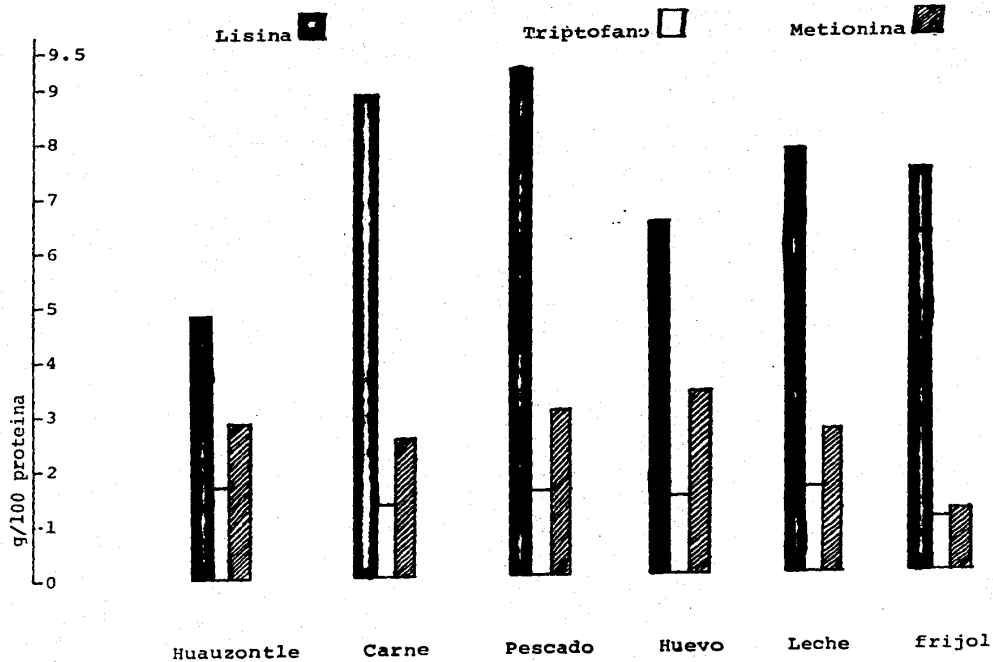
Huauzontle comparado con otros cereales



Fuente: Referencia 64



Fuente: Referencia 64



Fuente: Referencia 64

El contenido de triptofano, es ligeramente mayor en todos los casos y con respecto a la metionina, es mayor que el frijol y muy similar a los demás alimentos.

2.- Carbohidratos y otros componentes

a) Carbohidratos

En cuanto a los carbohidratos de las semillas de quinua y cañihua la mayor parte corresponde a almidón que fluctúa entre 54 y 65% dependiendo de la variedad analizada y el método de determinación utilizado. La mayor parte de los almidones corresponden a amilosa (Tabla 20) (14, 76, 77).

En el trigo la cantidad de almidón varía entre 60 y 70%, y en el maíz alrededor de 70%, estos datos señalan que el contenido de almidón de quinua y cañihua es inferior a estos dos cereales y el contenido de amilosa en las harinas de quinua es bastante menor, salvo algunas excepciones que se acercan al valor del trigo (65).

Se encontró (65) que existe correlación negativa (-0.55) entre el tamaño del grano del almidón y el contenido de almidón; los gránulos tienen forma poligonal con un tamaño promedio de 0.89 micras para quinua y 0.97 para cañihua (65), esto también depende de las variedades de quinua ya que los investigadores han encontrado valores que oscilan entre 0.81 y 1.45 (y hasta 3) micras para

Tabla 20

Composición de los carbohidratos de dos especies de
Chenopodiáceas (% base seca)

Carbohidrato	<u>Chenopodium quinoa</u>			<u>C. pallidicaule</u>
	Roja	Amarilla	Blanca	Cañihua
Almidón (det. polarim.)	59.2	58.1	64.2	54.1
Almidón (det. pancreat.)	57.5	58.2	65.2	56.5
Azúcares reduct. (monosacáridos)	2.05	2.1	1.85	1.95
Azúcares no reduct. (disacáridos)	2.6	2.2	2.55	2.00
Fibra cruda	2.45	3.1	2.1	3.85
Pentanos	2.9	3.0	3.6	3.3

Fuente: Referencia 35

quinua, siendo estos gránulos en general bastante más pequeños que los correspondientes a maíz (5 a 26 micras), yuca (5 a 35 micras), camote (10 a 25 micras), papa (15 a 100 micras) (33, 76).

Los gránulos de almidón de las variedades de quinua y cañihua son neutros, es decir, de carácter no iónico, lo que esta en relación con la cantidad de fósforo que contienen (0.045 a 0.396 ppm) (65).

b) Vitaminas

En cuanto al contenido de vitaminas se llevo a la conclusión de que la quinua ocupa el primer lugar al compararse con los cereales en cuanto al contenido del complejo vitamínico B y también en cuanto al contenido de vitamina C. Tiene un contenido de vitamina E relativamente alto (Tabla 21). En la tabla 22 se puede observar el contenido de vitaminas en huauzontle (14, 28, 35).

c) Acidos grasos

En la tabla 23 se encuentran los datos de ácidos grasos de quinua y Chenopodium ssp en esta tabla se puede observar que el ácido linoleico es el que se encuentra en mayor proporción (50.7%) y el ácido oleico es el que lo sigue en cuanto a cantidad (48 y 22%).

En la tabla 24 se muestra el contenido de ácidos grasos presentes en el aceite de la semilla de huauzontle y se compara con los ácidos grasos de los aceites más

Tabla 21

Vitaminas en los granos de quinua (mg/100 g).

Determinación	Cantidad	Referencia
Vitamina A	0.24 - 0.36	59
Tiamina	1.46	25
	0.05 - 0.36	59
	0.52	73
	0.59	63
Riboflavina	0.30	25
	0.20 - 0.42	59
	0.31	73
	0.60	63
Niacina	1.117	25
	0.16 - 1.60	59
	1.60	73
	1.25	63
Vitamina C	1.10	25
	3.00 - 8.50	59
	1.21	63
Vitamina E	4.60 - 5.90	59

Tabla 22

Vitaminas en huauzontle

Determinación	Cantidad
Carotenos	6.77 - 4.28
Tiamina	0.24 - 0.25
Riboflavina	0.18 - 0.43
Niacina	0.42 - 0.59
Vitamina C	41.8 - 45.0

Fuente: Referencia 21

Tabla 23

Análisis de ácidos grasos

Acido graso	Cantidad %
Quinoa	
Ac. oleico	48
Ac. linoleico	50.7
Ac. linolénico	0.3
Acs. no saturados	0.46

Fuente: Referencia 16

Chenopodium spp.

Palmítico	11
Esteático	0.7
Oleico	22
Linoleico	56
Linolénico	7

Fuente: Referencia 15

Tabla 24

Acidos grasos presentes en la semilla del huauzontle en comparación con los ácidos grasos de los aceites de otras semillas comestibles.

Aceite de	Acidos grasos saturados g/100g			Acidos grasos insaturados g/100g			
	Palmítico	Estearico	Total	Oleico	Linoleico	Linolenico	Total
Huauzontle	11.07	-o-	11.07	23.75	34.35	9.81	88.91
Maíz	13.0	4.0	17.0	29.0	34.0	-o-	83.0
Soya	12.0	2.0	14.0	24.0	54.0	8.0	86.0
Girasol	8.0	5.0	13.0	21.0	66.0	-o-	87.0
Cártamo	8.0	3.0	11.0	13.0	74.0	1.0	88.0

Fuente: Referencia 64

comunes, empleados en la alimentación humana.

Como puede observarse el huauzontle muestra un contenido alto de ácidos insaturados (oleico, linoleico y linolénico) y un menor contenido de ácidos grasos saturados, ya que solamente presenta palmítico. La composición de ácidos grasos de la semilla de huauzontle es muy similar a la de los aceites que se emplean en la alimentación humana.

d) Saponinas

Las variedades de quinua de una manera general tienen el grano amargo debido al contenido de saponinas, presentes en el pericarpio del grano, cuya característica principal es la formación de espuma cuando se agita con agua, produciendo emulsiones aceitosas que actúan como coloides protectores y hemolizan los glóbulos rojos de la sangre (25, 45).

Las sapogeninas, grupos activos que se obtienen por hidrólisis de las saponinas no producen hemólisis y son menos polares (9).

Las saponinas tienen sabor amargo, relativamente no son tóxicas para el hombre cuando se ingieren por vía oral (44, 45).

Cheek (22) indica que estos glucósidos producen hemólisis de los eritrocitos y afecta el nivel de colesterol en el hígado y en la sangre, efecto que puede producir de-

trimento en el crecimiento a través de la acción sobre la absorción de nutrientes (9).

Birk (11) señala que la toxicidad de las saponinas depende de la estructura de la misma. Así el extracto de saponina de soya no influye en el crecimiento de ratones en tanto que el de alfalfa sí.

El contenido de saponinas en la quinua se ha investigado desde hace mucho tiempo, sin que se haya establecido un método que con certeza pueda medir la cantidad exacta de saponinas en el grano. Es necesario aclarar que no existe método alguno que sea exacto para la determinación de saponinas en las diferentes especies o vegetales (9, 15, 44).

En la determinación de saponinas en vegetales se utilizan varios métodos, entre ellos:

-Físicos, que consiste en tomar una muestra, suspenderla en un tubo de ensayo con agua y agitar vigorosamente por un tiempo determinado, la formación de espuma da una estimación de la cantidad de saponinas presentes (56).

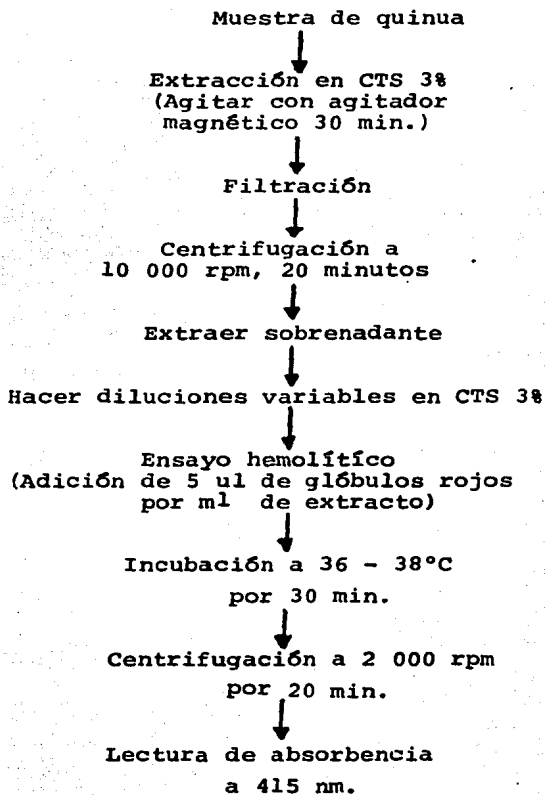
-Químico, por medio de cromatografía (9).

-Biológico, la hemólisis de eritrocitos da una aproximación de la cantidad de saponinas presentes (Fig. 4) (9).

La cantidad de saponina contenida en la semilla depende fundamentalmente de la variedad de quinua (Tabla

Figura 4

Método hemolítico para determinación de saponinas (47)



25). Se han desarrollado variedades de quinua que tienen bajo contenido de saponinas. Las variedades amargas contienen entre 3.4 y 3.9 % de saponinas (9, 15, 35).

Se ha llegado a la conclusión de que el desarrollo de variedades con bajo contenido de saponinas puede ser responsable de una disminución del contenido de proteínas de quinua. Esto se puede advertir si se comparan los valores que se encuentran en variedades amargas que van de 15 a 16% con los valores encontrados en variedades "dulces" que esta alrededor de 11.7% (35).

Las saponinas pueden ser una ventaja, ya que por su sabor amargo pueden rechazar plagas normales en los campos de grano, como insectos y pájaros(48).

Debe ser estimada la efectividad de saponinas como un disuasivo de plagas. Puede ser preferible, energéticamente y económicamente, eliminar las saponinas después de la cosecha que aplicar pesticidas durante el crecimiento y maduración (48).

En la tabla 26 se puede observar el contenido de saponinas del huauzontle comparado con algunas variedades de quinua.

Sin embargo es importante señalar que las saponinas pueden eliminarse con un tratamiento relativamente simple.

Tabla 25

Contenido de saponinas de variedades de quinua determinado por diferentes métodos.

Variedad	Métodos		
	Espuma altura mm	Cromatografía	Hemólisis
Sajama	0.0	-	-
Real	31.0	+	-
Kellu	56.0	+++	+++
Cheweca	3.5	-	-
Pantela	46.0	++	++
Pansakalla	40.55	+	+
Ckoito	46.0	++	++
Lasta rosada	0.0	-	+
Saihua Rosada	0.0	-	-
Chullpi	36.5	-	+++
Dorada de Bolivia	8.45	+++	+++

Fuente: Referencia 9

Tabla 26

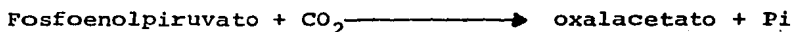
Contenido de saponinas del huauzontle en comparación con algunas variedades de quinua (g/100)

Semilla	Contenido de saponinas
Huauzontle	
Var. Santa Elena	1.16
Quinua	
Ver. Kancolla	0.40
Var. Blanca de Juli	0.30
Var. Sajama	0.08

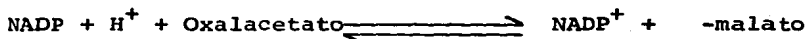
Fuente: Referencia 64

3.- Ruta fotosintética C₄ en Chenopodium

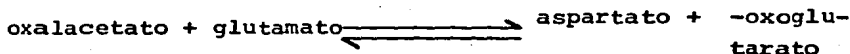
En las plantas, que ahora se denominan C₄ los primeros productos de fijación de CO₂ son ácidos dicarboxílicos de cuatro carbonos, el CO₂ se fija en primer lugar según una reacción catalizada por la fosfoenolpiruvato-carboxilasa:



El oxalacetato que así se forma en las plantas C₄ puede después reducirse a malato por la malato-des-hidrogenasa NADP-dependiente:



o convertirse en aspartato por transaminación:

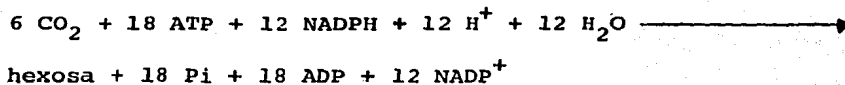


El ciclo C₄ de estas plantas se denominan ruta de Hatch-Slack.

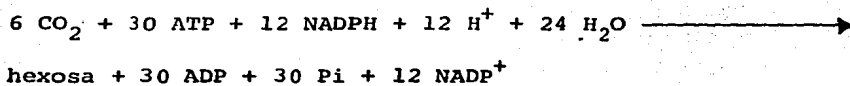
La fosfoenolpiruvato-carboxilasa de la ruta C₄ posee una elevadísima afinidad por el CO₂, mientras que, la ribulosa-difosfato-carboxilasa de la ruta de Calvin muestra una baja afinidad por el CO₂; la primera colecta CO₂ con gran eficiencia para transferirlo después y producir una elevada concentración local de CO₂, capacitando así a la ribulosa-difosfato-carboxilasa para que fije el CO₂ de modo muy efectivo.

Las plantas C_4 requieren, para sintetizar una unidad de hexosa, mucho más ATP que las plantas C_3 :

Planta C_3



Planta C_4



A pesar del exceso de ATP que consumen, las plantas C_4 pueden sintetizar hexosa mucho más rápidamente por unidad de superficie de hoja, que las plantas C_3 .

Las plantas C_4 muestran muy poca o ninguna fotorespiración, son considerablemente más eficientes porque pueden llevar a cabo la fotosíntesis a concentraciones mucho más bajas de CO_2 y a más elevadas tensiones de oxígeno.

Las plantas C_4 fijan el CO_2 atmosférico a temperaturas que oscilan entre 35 a 40°C, mientras que el óptimo de fijación de CO_2 en plantas C_3 está en torno a 20°C.

Las plantas C_4 necesitan condiciones de temperatura elevada para sintetizar la enzima del sistema C_4 .

Las plantas C_3 utilizan 2 a 3 veces más agua que las plantas C_4 por gramo de materia seca.

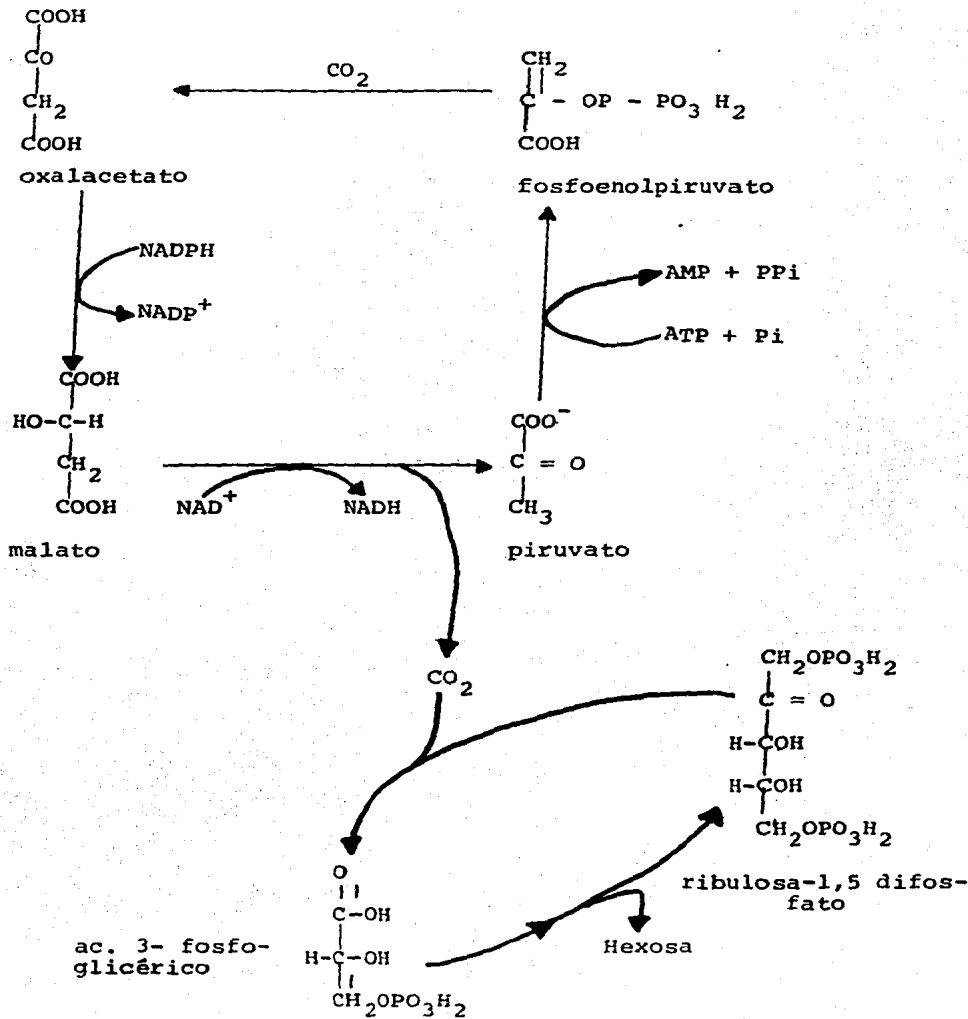
El transporte de azúcares en las plantas C_4 se

lleva a cabo con mayor velocidad que en las plantas C_3 (78).

Estas características están de acuerdo con las encontradas para quenopodios que se cultivan en zonas de climas extremosos, como ya se mencionó anteriormente quinua y cañihua son plantas muy resistentes y de alto valor nutritivo (78).

En base a los experimentos se ha encontrado en Chenopodium quinoa Willd que periodos cortos de iluminación favorecen la aparición temprana de inflorescencia y la apertura de las flores que los periodos largos; la producción de peso secos mayor bajo iluminación continua que para periodos cortos (26).

Figura 5

Ruta de Hatch-Slack de fijación de CO_2 en las plantas C_4 (36)

IV. VALOR NUTRICIONAL DE LAS ESPECIES SELECCIONADAS DE CHENOPODIUM

Analizando la composición química y aspectos bioquímicos de quinua, cañihua y huauzontle se puede advertir que estas semillas tienen un valor nutritivo sobresaliente, comparados con cereales de uso común.

Una de las ventajas de estos granos es que se encuentran bien adaptados al gusto y a las condiciones climáticas de la zona, pero su principal ventaja son sus cualidades nutritivas.

Las semillas de quinua constituyen un grano o materia prima regional importante desde el punto de vista nutricional (25, 37, 73, 15).

Se han conducido diversos estudios "in vivo" e "in vitro" para demostrar la calidad nutricional de quinua y cañihua.

En estos experimentos se han evaluado: valor biológico de la proteína (VB); utilización neta de la proteína (UNP); digestibilidad (D); relación de eficiencia de la proteína (PER ó REP); cómputo químico (CQ); etc.

Todo ésto se ha evaluado en diferentes individuos como ratas blancas, cerdos y pollos (18, 40, 49, 70, 72, 73).

Aunque los diferentes autores presentan sus trabajos con diversas variaciones, como combinación de harinas (trigo-quinua), harinas crudas, cocidas u horneadas, quinua

lavada para eliminar saponinas o sin lavar, diferentes variedades de quinua etc., en general todos llegan a conclusiones similares en cuanto a valor biológico, relación de eficiencia de la proteína, ganancia de peso etc. (Tabla 27).

Se ha encontrado que la proteína de quinua cocinada y horneada mejora el valor biológico de caseína (Tabla 28) (73).

También se ha observado que en la sustitución de caseína por la proteína de quinua no se ha manifestado ningún cambio en crecimiento, esto sugiere que las dos fuentes de proteína son iguales (40).

Mezclando 20% de quinua y 80% de trigo se mejora el valor del crecimiento promovido (3, 12, 14, 18, 27, 40, 55, 70, 73).

Ya que los métodos para la determinación del valor biológico de la proteína son costosos y lentos, se han propuesto numerosos métodos "in vitro", como ensayos microbiológicos, pero aún no han sido reconocidos porque no se ha demostrado se validez (65).

En un experimento realizado para determinar la disponibilidad del hierro en la quinua por el método de regeneración de hemoglobina en ratas deficientes en hierro, se encontró que al incorporar 30% de quinua en la dieta la cantidad (mg) de hierro fue 0.74 (2). Cuando se incor-

Tabla 27

Comparación de ganancia de peso de ratas con dietas de 6 y 9% de proteína de quinua y de leche^a

Grupo	Proteína % fuente	Peso promedio inicial, g	Peso promedio Final, g	Peso final g ± S	Eficiencia de nitrógeno ^b
I	6 quinua	74.6	161.2	87.0 ± 9.6	10.38 ± 1.48
II	6 leche	74.2	127.2	53.0 ± 15.9	9.12 ± 1.91
III	5.5 quinua 0.5 leche	73.4	156.8	83.4 ± 19.2	11.25 ± 1.58
IV	9 quinua	74.4	211.0	136.4 ± 50.11	9.77 ± 2.14
V	9 leche	71.4	177.8	106.4 ± 21.3	10.02 ± 1.39
VI	8.1 quinua	74.4	209.8	135.4 ± 37.3	9.34 ± 1.49

a. Cinco animales por grupo alimentados por 54 días con dietas experimentales

b. W ganado

g. N consumido ± S

Fuente: Referencia 73

Quinua, caseina y trigo como fuentes de proteínas para crecimiento de ratas

Dieta	I	II	III	IV	V	VI
Peso inicial, g	62	68	65	67	67	68
Peso final, g	109	104	89	156	123	85
Ganancia total, g	43	36	24	89	57	17
NEG	29.6	18.7	17.1	41.6	32.3	13.1
PER	2.09	1.48	1.2	2.71	2.67	0.86
Digestibilidad						
Materia seca, %	89	92	89	88	93	93
Proteína, %	80	84	80	80	88	86
<u>Consumo de alimento</u>						
Ganancia de peso	4.6	6.4	8.2	3.6	4.0	10.8
Hígado, % de peso corporal	3.04	3.02	3.16	2.83	2.73	3.11
Riñones, % p.c.	0.77	0.88	0.98	0.70	0.72	0.93
Adrenales, % de P.C.	0.022	0.022	0.022	0.012	0.016	0.018
Composición de carcasa						
Humedad, %	82	82	82	78	82	83
Lípidos, %	4.1	4.4	4.3	7.1	4.1	3.2
Nitrógeno, %	2.97	3.15	2.27	1.34	1.66	2.44
Ceniza, %	5.0	5.2	5.5	4.6	4.5	5.3

I: harina de quinua 100%; II: harina de quinua 20% - harina de trigo 80%; III: pan de harina de quinua 20% - Harina de trigo 80%; IV: quinua cocinada; V: caseina; VI: harina de trigo 100%.

Fuente: Referencia 40

poro quinua en 50% a la dieta esta eficiencia se redujo a 0.51. Estos valores se compararon con una eficiencia 0.55 para sulfato ferroso añadido a la dieta basal (Tablas 29 y 30) (2).

Esto indica que el fierro ganado de quinua es al menos igual en disponibilidad al de sulfato ferroso, o sea que el fierro de la harina de quinua se utiliza tan bien como el fierro de sulfato ferroso. Esto es cierto si existe una gran diferencia en los niveles de fierro en la dieta.

Comparada con la harina de trigo, la quinua es mejor fuente de fierro para regeneración de hemoglobina en ratas anémicas (2).

Los diferentes autores han encontrado que el obstáculo principal para evaluar la calidad nutricional de la quinua es el sabor amargo que tiene debido a las saponinas que contiene; los valores bajos encontrados en algunos experimentos son debidos a la poca aceptabilidad por el individuo de la quinua como alimento comparada con otros que no tienen sabor amargo (4, 22, 47).

La quinua contiene más isoleucina y lisina por unidad de nitrógeno que los cereales más comunes.

La calidad de la proteína de la quinua y cañihua se determina por el contenido de aminoácidos esenciales y su disponibilidad (Tabla 31).

Tabla 29

Composición de las dietas experimentales usadas para determinar la biodisponibilidad de fierro en quinua (g/100g dieta)

Ingredientes	Basal	Basal + FeSO ₄	Quinua 30%	Quinua 50%
FeSO ₄ · H ₂ O	-o-	0.6	-o-	-o-
Harina de quinua	-o-	-o-	30.00	50.00
Caseina	35.70	35.70	30.00	-o-
Aceite de maíz Mazola	18.50	18.50	17.00	18.50
Alfa-celulosa	2.50	2.50	-o-	-o-
Grasa mineral	4.00	4.00	4.00	4.00
Mezcla de vitaminas	2.00	2.00	2.00	2.00
Dextrosa	37.30	37.24	17.00	-o-
Análisis de fierro	22.9	50.4	28.1	57.6

Fuente: Referencia 2

Tabla 30

Regeneración de hemoglobina de ratas macho anémicas alimentadas con harina de quinua

Tratamiento	Basal	Basal + FeSO ₄	Quinua 30%	Quinua 50%
Peso inicial, g	72	74	75	74
Ganancia de peso, g	40	40	42	41
Consumo de fierro, ug/día	174	311	216	443
Fierro total en hígado	102.2	109.6	112.0	116.0
Hb inicial, g/100 ml	6.8	6.09	6.8	6.09
Regeneración de Hb.:				
Ganancia de Hb, g/100 ml.	1.46	4.51	3.90	6.67
Ganancia de Hb, g	0.270	0.511	0.477	0.680
Ganancia de Hb-Fe, mg	0.906	1.713	1.599	2.277
Hb-Fe/consumo de Fe, mg/mg	0.519	0.551	0.739	0.514

Fuente: Referencia 2

Tabla 31

Comparación del contenido de aminoácidos esenciales de la proteína del grano de quinua, cuatro cereales, una leguminosa, 4 porciones de origen animal y el Patron FAO (g/16 g N) (1973)

Alimento	Arg.	Fenil.	Hist.	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	4.1	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	-0-	5.1	7.5	8.8	2.9	4.3	1.0	5.3
Patron	-0-	6.0	-0-	4.0	7.0	5.5	3.5	4.0	1.0	5.0

Fuente: Referencia 37

La proteína de quinua tiene valores de 90% y 100% de triptofano y valina respectivamente, en comparación con la proteína de referencia establecida por la FAO en 1973.

Las proteínas de quinua y cañihua presentan un perfil de aminoácidos esenciales bien balanceado, lo que no se encuentra en las proteínas y leguminosas de consumo amplio (3, 25, 37, 46, 55, 61).

Quinua y cañihua tienen baja proporción de prolaminas que son deficientes en lisina, esto explica la mejor calidad de proteína, porque se ha observado que el incremento de valor nutritivo de las proteínas de los cereales se relaciona con el aumento en albúmina, globulina y glutelina y la disminución de la prolamina (9, 65, 70).

Ya se ha mencionado anteriormente que en el embrión de quinua se encuentra la mayor proporción de proteínas (70 a 80%) por lo tanto donde se encuentra concentrado el mayor valor biológico y además soporta tratamientos térmicos (cocinado, horneado) sin perjudicar su valor nutritivo relativo (65).

De acuerdo a los investigadores el valor energético de la quinua es de 3.61 - 3.67 Kcal/g (46).

Si se compara la quinua con el trigo y el maíz se puede resumir que:

- Su valor energético esesemejante (Tablas 32 y 33)
 - Su valor biológico expresado en proteínas y composición de aminoácidos es notablemente superior y destaca por la riqueza en isoleucina, valina y lisina (Tabla 31).
 - Su contenido en grasa casi duplica al del maíz.
 - Contiene además vitaminas del complejo B en cantidades considerablemente superiores al trigo y al maíz.
 - Es equilibrado en su composición de minerales
- (37).

Tabla 32

Valor energético Kcal/kg

	Valor energético Kcal/kg	Referencia
Quinua	3.610 - 3.670	46
	370.834	5
	372.000	63
	4.665	14
	366.00	25
Maíz	3.60	46
	332.00	25
Trigo	3.260	46
	330.00	25
Soya	3.980	46
Carne	1.130	46
Leche	0.655	46

Tabla 33

Composición y valor energético de la quinua en comparación con algunos elementos

Alimento	% Humedad	% Proteína	% Grasa	% Carbohi- dratos	% Ceniza	% Saponina	Valor ener- gético Kcal/Kg
Quinua							
Dulce Quitopamba	9.13	17.0	5.46	66.04	2.35	0.	3 670
Amargo Nariño	9.42	16.86	5.52	65.98	2.22	no det.	3 665
Otras	10.16	13.68	6.27	63.85	2.74	-o-	3 610
común	10.60	9.40	4.4	74.4	1.2	-o-	3 600
Maíz							
opaco	13.80	10.3	5.3	69.20	1.4	-o-	3 600
Trigo	14.0	10.2	2.0	72.1	1.7	-o-	3 260
Soya entera	9.2	33.4	16.4	35.50	5.5	-o-	3 980
Huevo	75.30	11.3	9.8	2.7	0.9	-o-	1 480
Carne	75.2	21.4	2.4	-o-	1.0	-o-	1.130
Leche	87.4	3.3	3.5	5.2	0.6	-o-	650

Fuente: Referencia 46

Tabla 34

Valor nutritivo de la quinua

Datos	Cantidad	Referencia
Valor Biológico	7.3	63
Digestibilidad	78.0	63
PER	2.0	14
Valor nutritivo relativo	95.133	14

V. USOS Y APLICACIONES DE LA HARINA Y LAS HOJAS EN LA ALIMENTACION HUMANA. ASPECTOS TECNOLOGICOS. CULTIVO TRADICIONAL.

El conocimiento sobre composición química, el valor biológico de la proteína y de las fracciones proteínicas, y la presencia de componentes nutricionales permitirán una utilización más eficaz de las especies domesticadas de Chenopodium, ya sea en forma particular o como componente en mezclas alimenticias.

En vista de las características mencionadas en los capítulos anteriores es importante prestar una mayor atención a estos cultivos, y utilizar sus productos en alimentación en zonas en que los alimentos con alto contenido de proteínas escasean.

Los empleos que se dan a la planta de quinua están íntimamente ligados a los hábitos y costumbres de las personas que la cultivan. Sin embargo, es el grano de la planta el que despierta el mayor interés, ya que se puede emplear como tal en todos los usos del arroz. Su harina cruda se emplea en toda clase de panes, tortillas, galletas, purés, etc., la semilla machacada sola o en varias combinaciones y fermentada se transforma en una embriagadora chicha (35).

Las hojas y los tallos tiernos se pueden consumir como ensalada o bien en sopas y tortillas al igual que la

espinaca (Tabla 35) (35).

Las variedades que contienen saponinas, han venido siendo procesadas a fin de eliminar por lo menos la primera capa del episperma que es una membrana rugosa, quebradiza y seca, donde se aloja el mayor porcentaje de saponina.

Los diferentes procesos de eliminación de saponinas de la quinua son (15, 34, 35, 47, 53, 54, 70).

- Lavado en agua fría y alta velocidad
- Tratamiento alcalino (sosa caústica) en frío
- Escarificado
- Lavado y escarificado.

Probando cada uno de los métodos se ha encontrado que las saponinas se pueden eliminar casi en su totalidad por los métodos primero y último obteniéndose productos de excelente calidad biológica comprobada por crecimiento de pollos y pruebas de PER (Tabla 36) (47).

La escarificación comprende dos etapas bien marcadas:

Ablandamiento de la cáscara: en esta etapa el grano de quinua se golpea contra paredes rugosas o friccionando contra tamices para facilitar el desprendimiento de la cáscara. Para ésto se utiliza la fuerza de paletas o -tambores giratorios (53).

Raspado constante: el grano es friccionado constantemente contra tamices, para separar los segmentos que

Tabla 35

Comparación de las hojas de quinua con algunas especies hortícolas (base húmeda)

Hortaliza	Proteína	Lípidos
Quinua	3.3	2.1
Alcachofa	3.0	0.2
Apio	1.1	0.2
Berros	1.7	0.5
Cebolla	1.4	0.2
Col	1.6	1.0
Coliflor	2.4	0.2
Espinaca	2.2	0.3

Fuente: Referencia 20

Resultados de la evaluación biológica de la quinua procesada

Tratamiento	Consumo de prot. g	Aumento de peso, g	PER
Cruda lavada	30	60	1.99
Lavada y cocida	43	89	2.60
Cruda, lavada y expandida No.1	26	48	1.84
Cruda, lavada y texturizada No.1	29	71	2.43
Cruda, lavada y expandida No. 2	30	64	2.16
Cruda, lavada y texturizada No.2	28	59	2.12
Caseina	29	89	2.00

Fuente: Referencia 60

se encuentran en la superficie del grano. En este caso se utilizan generalmente paletas giratorias (53).

Se debe añadir que durante el escarificado debe existir un medio de succión para retirar o eliminar los restos de cáscaras o polvillo desprendidos de los granos de quinua (53).

Los subproductos que se desprenden del proceso de escarificado, polvillo y granos partidos, se pueden utilizar en otros productos como alimento para ganado o elaboración de chicha (47, 53).

La molienda del grano de quinua (var. Kancolla) en el molino de rodillos para trigo puede remover la mayor parte de las saponinas. Combinando las harinas de quiebra y reducción, los rendimientos son razonables y con el uso de molinos industriales los cuales producen un mayor número de fracciones, la eficiencia de extracción de la harina y eliminación de saponinas podrá ser aumentada. Con extracciones de saponinas superiores al 73%, las variedades menos ricas en saponinas podrán tener mayor acceso a este tipo de proceso tecnológico para la producción de harinas de quinua (4).

Debido a la gran variabilidad en el tamaño de los granos de quinua, su forma típica y posición característica del embrión, estos granos presentan problemas particulares en su molienda y fraccionamiento con los equipos

disponibles para la obtención de harinas (13).

En la composición química de las harinas obtenidas de quinua (33) se encontró que los niveles de fibra cruda y ceniza fueron en general altos comparados con los encontrados para el trigo (Tabla 37). Dentro de las harinas de quinua, los valores resultaron más bajos, cuando las muestras fueron lavadas y acondicionadas antes de la molienda, que cuando se consideró la muestra sin lavar y acondicionar. Para el contenido de proteína total y extracto étereo o grasa total, se observó un desplazamiento hacia los afrechos o subproductos de la molienda, debido a la inclusión de partes concentradas en estos nutrientes del grano de quinua con sus tegumentos o cáscaras y a que parte del embrión se elimina con la cáscara, lo que ocasiona que los niveles de proteína y grasa sean elevados en los subproductos de la molienda o afrechos (Tabla 38). Sin embargo, existe una tendencia a evitar esto cuando el grano de quinua es lavado y sometido a un acondicionamiento térmico y húmedo (agua a 70°C - 15 min.; secado a 11.2% de humedad 50°C/12 horas). El color de la harina de trituración fue semejante al color de las del trigo (13, 33).

Cuando el grano de quinua se somete al proceso de lavado y acondicionamiento con temperatura y agua el color de las harinas que se obtienen es más oscuro, debido posiblemente a la ocurrencia de reacciones de oxidación (13, 33).

Tabla 37

Análisis químicos de harina y subproductos (g/100 g)

Determinación	Harina de trigo	Harina de quinua	Afrecho	Afrechillo	Moyuelo
Humedad	14.3	13.3	12.9	12.7	10.0
Proteína	13.0	11.57	8.2	11.1	18.2
Grasa	1.4	5.9	2.5	5.3	11.7
Carbohidratos	70.04	64.8	59.9	59.3	51.9
Fibra	0.46	1.2	13.5	8.7	3.8
Cenizas	0.8	2.3	3.0	2.9	3.6
Fósforo	-0-	0.956	-0-	-0-	-0-

Fuente: Referencia 33

Tabla 38
Análisis químico del subproducto de la molienda de quinua
(g/100g)

Determinación	Cantidad
Humedad	9.5
Proteína total	16.2
Proteína digerible % de la proteína total	78.4%
Grasa	6.0
Fibra	6.4
Cenizas	3.45

Fuente: Referencia 33

Los resultados encontrados para el contenido de saponinas en las fracciones de la molienda, reflejan un incremento ascendente poco notorio en las fracciones de trituración a las de compresión y a los residuos (afrechos) (13, 33).

La alta digestibilidad de la proteína del subproducto es un factor importante y sería conveniente emplearlo en la elaboración de otros productos, como harinas tostadas o mezclas con harinas de trigo en panes de tipo integral (33).

El mayor porcentaje de nitrógeno y de grasas se encuentra en la fracción moyuelo, que en peso corresponde al 4.24% del grano, sin embargo permanece 5.9% de grasa en la harina (Tabla 37) (14, 33).

Los productos de quinua que actualmente están colocados en el mercado en Perú son: quinua perlada, harina de quinua, hojuelas de quinua y quinuavena (mezcla de hojuelas de quinua, avena y cebada), este último de mayor aceptación que los otros productos mencionados (Tabla 39) (57, 63).

La quinua perlada es el producto obtenido de la escarificación sucesiva del grano de quinua. Los granos de quinua presentan una superficie pulida sin restos de cáscara, lo que da una apariencia superficial más clara, comparada con la de los granos recién cosechados (15, 47

Tabla 39

Análisis de productos de quinua

Producto	Humedad	Proteína F= 6.25	Lisina % total
Quinua perlada	8.0 - 8.9	11.26 - 11.71	5.6 - 6.33
Quinua cruda	7.1	11.55	6.05
Quinua tostada	5.7	11.94	5.71
Hojuelas de quina	7.9 - 8.0	10.99 - 11.28	6.11 - 5.4

Fuente: Referencia 63

57).

Este producto se utiliza en la elaboración de otros productos, tales como harinas y hojuelas. Para consumo directo en platos típicos, generalmente se le somete a un lavado previo.

Hojuelas de quinua: los granos de quinua perlada son sometidos a un proceso de laminación a presión para darles una forma aplanada. Este producto se consume previa cocción y mezclado con leche en el desayuno como cereal (15, 47).

Harina tostada de quinua: es el producto resultante de la molienda de quinua perlada a la cual se la ha sometido a un proceso de tostado. Este producto se utiliza en la preparación casera de una serie de platos y bebidas (47).

Con respecto a la utilización de quinua en mezclas de diferentes productos, se ha observado que es conveniente en la sustitución de porcentajes de harina de trigo en diferentes productos como fideos, pan, galletas, etc.

En lo que toca a fideos se han hecho ensayos empleando 30, 40 y 50% de harina de quinua en sustitución de semolina, en una fórmula que contiene huevos. Los resultados indicaron que el nivel máximo de sustitución en esta fórmula sería de 40% (41, 47).

En caso de sustitución de harina de trigo en

fideos se han ensayado varios porcentajes encontrando que se obtienen fideos de buena calidad al sustituir harina de trigo por 10% de harina de quinua cruda o 20% de harina precocida (33).

Maná de quinua: a partir de la quinua perlada o quinua natural, el maná se obtiene de la expansión brusca de los granos, al someter éstos a una descompresión brusca (47).

En relación a panificación se ha demostrado que los gránulos, pequeños de almidón (3 micras) acortan el tiempo de mezclado y disminuye la estabilidad de la masa, lo que debe tenerse en cuenta cuando se sustituya harina de trigo por harina de quinua en panificación. La correlación negativa encontrada (-0.5) (65) entre el tamaño del gránulo de almidón indica que en panificación quinuas con menor porcentaje de almidón y mayor tamaño del gránulo contribuirían a una mayor estabilidad de la masa; sabiendo esto se debe intentar obtener por selección genética quinuas de mayor calidad panadera que otras para la formación de harinas compuestas.

También se debe seleccionar las que contengan menos fibra y cenizas que son las mejores para una buena panificación.

El grano es ligeramente ácido (pH 6) lo que resulta conveniente ya que es el pH adecuado para obtener una

buena fermentación en panificación.

En las pruebas de sustitución en panificación se ha llegado a la conclusión que con 10% de harina de quinua en mezclas, con harina de trigo (72% de extracción), se obtiene un pan de excelente calidad, buen volumen, peso y sabor (33, 39).

Otros autores encontraron que el valor panadero es muy bueno en panes con 15% de harina de quinua (utilizando variedades diferentes); en cuanto a pruebas organolépticas todas las muestras se han preferido al patrón, siendo mejor aceptadas las de 5% de sustitución (33).

La harina de quinua al sustituir la harina de trigo comercial en masas panificables provoca una disminución en el tiempo de desarrollo y estabilidad, este problema se puede superar utilizando polvos para hornear que mejoran estos valores. También existe la necesidad de usar reductores u oxidantes en las masas que tienen quinua para mejorar la energía (33).

El almidón de quinua tiene un comportamiento muy diferente a la mayoría de los almidones (Tabla 40). Por su gran viscosidad implicaría el empleo de cierto nivel de enzimas en las harinas compuestas con quinua (33).

Al emplear harina de quinua, 10% en pan, se elevan en 60 y 25% respectivamente los niveles de fierro y fósforo, aunque el calcio disminuye ligeramente (33).

Tabla 40

Comportamiento viscosigráfico del almidón de quinua

60 g de materia seca/450 ml de agua	
Temperatura de gelatinización	54°C
Temperatura de viscosidad máxima	90°C
Viscosidad máxima	620 U. B.
Viscosidad a los 90°C	340 U. B.
Viscosidad luego de 20 minutos a 90°C	620 U. B.
Viscosidad a 50°C	910 U. B.

Fuente: Referencia 33

El nivel de proteínas se mantiene, pero mejora la calidad proteínica por el mayor aporte de lisina que compensa el bajo nivel de la harina de trigo (33).

El nivel de grasa, fibra y cenizas aumenta al elevar el nivel de sustitución (33).

Masas con harinas pre-cocidas de quinua tienen mejor rendimiento que el patrón y que masas con harina cruda de quinua. Sin embargo, la calidad del pan es ligeramente inferior respecto a la estructura de la miga.

Las mezclas con porcentajes de 5, 10 y 20% de harina de quinua, exhiben volúmenes cercanos al del trigo sigammuxi 100%, observándose también que porcentajes crecientes de harina de quinua producen un pan con calidades desmejoradas (7).

Los caracteres organolépticos como sabor, color de miga, dureza, etc. con variedades amargas, éstas le transfieren sus caracteres al pan a diferencia de la variedades dulces, ya que los encuestados encontraron sabor amargo en las muestras de variedades con saponinas (7).

La textura de los panes llega a mejorarse, inclusive en algunos casos resulta ser superior a la del trigo 100% (7, 27, 33, 38, 65).

Tocante a galletería también se han hecho estudios empleando mezclas de harina de trigo con harina de quinua en porcentajes de 30, 40, 50, 60 y 70%. En este

caso se llegó a la conclusión que hasta niveles de 60% la calidad de la galleta salada (soda) y dulce (vainilla) no desmejora (Tabla 41) (33, 38).

Galletas empleando 30% de harina de quinua, 10% de leche en polvo y 20% de huevo tienen muy buena calidad organoléptica y nutricional, superando al patrón en vitamina B-2 y minerales; fierro, magnesio, cobre y manganeso (33).

Las galletas que se evaluaron se compararon con un patrón de 100% de harina de trigo (Tabla 42) (33).

Se determinó la posibilidad de fortificar las galletas con minerales y vitaminas al evaluarlas química y nutricionalmente (33).

Los análisis químicos en las galletas elaboradas demostraron mejoría en el nivel de aminoácidos esenciales (metionina, tirosina y triptofano) y de vitamina B-6 (33, 38).

Como ya se ha mencionado, en el germen se encuentra concentrado el mayor valor nutritivo del grano de quinua; con el germen separado y estabilizado se puede contar con una materia rica en proteínas y aceites (10, 37).

La separación eficiente y económica del germen abre así un nuevo campo de investigación para la obtención de concentrado de proteínas de alta calidad.

Tabla 41

Fórmulas empleadas para preparación de galletas

Ingredientes	1	2	3	4	5
Harinas	100	100	90	90	90
Leche en polvo	-o-	3.5	10	10	10
Azúcar	57	57	25	50	50
Grasa	28.5	28.5	15.5	25	25
Huevo	-o-	-o-	-o-	20	20
Sal	1.0	1.0	0,8	1	1
Bicarbonato de sodio	1.0	1.0	2.0	1	1
Esencia	-o-	-o-	0.2	0.75	0.75
Cocoa	-o-	-o-	-o-	-o-	5.0
Agua	18	18	20	-o-	-o-

Fuente: Referencia 33

Tabla 42

Evaluación física, química y organoléptica de galletas elaboradas con 100% de harina de trigo y con 30% de sustitución de harina de quinua.

Determinación	Patron	30% de sust.
Diámetro promedio cm.	6.65	6.16
Altura cm	1.03	
Volúmen cc	35	30.00
Peso g	16.6	15.83
Volúmen específico	2.10	1.87
Aceptabilidad	2.93	2.60
Dulce	2.93	3.00
Crocantez	3.60	3.60
Color	3.13	3.07
Aspecto externo	2.67	2.80
	Total	15.07
Sabor extraño	1.73	2.13
Humedad	3.60	3.60
Proteína (F= 5.7)	8.9	9.83
Grasa	12.83	12.75
Carbohidratos totales	71.23	71.10
Fibra	0.45	0.30
Cenizas	2.99	2.45
Vitamina A	-o-	-o-
Vitamina C	-o-	-o-
Tiamina	140.4	146.6
Riboflavina	0.14	0.19
Piridoxina	0.18	0.12
Vitamina B-12	0.73	0.48
Niacina	3.24	6.95
Calcio	111.0	106.6
Fósforo	439.4	509.6
Magnesio	36.2	49.0
Hierro	1.52	2.25
Zinc	1.28	1.46
Cobre	166	229
Maganeso	77.00	74.9
Yodo	-o-	-o-
Valor calórico	4.335	438.35
Valor nutritivo	11.5	10.45

Fuente: Referencia 33

Este concentrado proteínico natural servirá de base para elaborar diversos productos tales como aceites comestibles, una leche de germen de quinua con procesos similares a los usados para obtener la leche de soya y para su incorporación en fórmulas de alimentos para uso infantil (33, 37).

También se puede utilizar en la preparación de una bebida proteínica, como la preparada por Benvenuto (10), que tiene características organolépticas excelentes y con un valor nutritivo probado similar al de la caseína (Tabla 43).

La quinua se puede utilizar como hortaliza (fuente de hojas tiernas), para ensaladas crudas o para ser cocida y utilizada como espinacas. De hecho los campesinos, de los pueblos ubicados en las grandes alturas andinas, siembran sus campos de quinua con una densidad superior a la aconsejable y van entresacando las plantas menos robustas y peor ubicadas, de esta manera las plantas tiernas son consumidas (54) en platos tradicionales de la región como "yuyu" que se prepara con hojas verdes de quinua aderezadas con sal, limón y manteca. También preparan otro plato a base de hojas de quinua, las cocinan, luego las reúnen formando tortitas y las guisan en manteca con cebolla y ajo.

En México el huauzontle solo se consume como ve-

Tabla 43

Análisis fisicoquímico de la bebida preparada por Benvenuto

Determinación	%
Humedad	80.99
Proteína	2.88
Grasa	0.18
Ceniza	0.50
Fibra	0.13
Carbohidratos	15.32
Materia seca	19.01
Calorías	5.253 Udd
Azúcares reductores	3.37
Acidez	0.8005 (en Ac.Ci)
pH	3.8
°Brix (Sólidos solubles)	15.5
Viscosidad	22.5 cp
Calcio	0.195
Fósforo	0.119
Potasio	0.041
Vitamina C	3.41

Fuente: Referencia 10

getal en diferentes guisos.

Dada la importancia de estos cultivos, se mencionará que en los países en los que se utilizan estas plantas se cultivan con técnicas rudimentarias (como en el caso de Chile) (77), y en condiciones ecológicas muy diversas, por lo que casi no existen variedades de quinua puras. De esta forma el aspecto más importante a considerar en los estudios fitogenéticos, es la obtención de variedades de semillas puras, de alto rendimiento por hectárea y buena resistencia al desgrane, conjuntamente con obtener una madurez pareja en todos los granos y un mayor diámetro de estos, que actualmente fluctúa entre 1 y 2 mm (77).

En Chile se ha efectuado diversas investigaciones en relación con las técnicas de cultivo más adecuadas, tanto en campos o parcelas experimentales, como en siembras de cierta importancia (77).

La quinua es un cultivo de primavera. Cada ecotipo se adapta perfectamente a un determinado biotopo. Al variar los componentes fisicoquímicos del medio ambiente natural los ecotipos necesitan un periodo de adaptación muy intenso (77).

El cultivo de la quinua debe efectuarse en suelos sueltos y profundos, arcillosos y de arenas delgadas. La profundidad de la siembra no debe ser más de 3 cm, es

decir, más bien superficial (77).

En lo que respecta a las características agrónomicas las investigaciones han revelado que la quinua es una planta resistente, que tolera suelos pobres, pedregosos, arenosos y también la sequía. Su rendimiento promedio es de 29.6 qq/ha y no se ve afectado por los sistemas de preparación del suelo y los métodos de siembra, aceptando que un alto grado de mecanización casi comparable al trigo se puede adaptar al cultivo de la quinua (Tablas 44, 45, 46). El mejor método de cosecha es el realizado en forma manual, disminuyendo los rendimientos en un 20.1 y 9% al utilizar cosecha directa y la semimecanizada respectivamente (77).

El ciclo vegetativo de la quinua es de 165 a 172 días, tolera heladas ligeras y se pueden obtener buenos rendimientos aun con 300 mm de precipitación. La dosis de semillas varia entre 4 y 8 Kg/ha y la planta alcanza una altura aproximada de 2 m en cultivos de riego, la siembra de quinua se efectúa en líneas distanciadas 50 - 100 cm con densidad de 10 - 20 Kg/ha. Existen semillas amarillas, blancas, café, gris, negras, amargas, duces etc. (77).

También se han hecho estudios sobre los rendimientos por hectárea de diferentes especies (y variedades), se ha observado que el rendimiento de nutrientes esta estrechamente ligado a la composición química y al rendimiento del grano, e influyen los factores: clima, suelo, densidad

Tabla 44

Efecto del raleo sobre el comportamiento agronómico de quinua

Sembradora	Sin raleo	Con raleo
	Plantas/m a la cosecha	
Precisión	49	12
Cerealera	50	13
DMS (P = 0.05)	7.4	
	Altura (m)	
Precisión	1.3	1.5
Cerealera	1.3	1.6
DMS (P = 0.05)	0.04	
	Rendimiento (qq/ha)	
Precisión	21.5	27.5
Cerealera	23.8	30.2
DMS (P = 0.05)	3.2	

Fuente: Referencia 77

Tabla 45

Efecto de tres sistemas de cosecha sobre los rendimiento de
quinua

Cosecha	Rendimiento (qq/ha)
Manual	29.6
Semi-mecanizada	27.0
Directa	24.6
DMS (P = 0.05)	2.52

Fuente: Referencia 77

Tabla 46

Efecto de sistemas de preparación de suelo y métodos de siembra sobre algunas variables agronómicas del cultivo de la quinua

Preparación	Sembradora		Promedio
	Precisión	Cerealera	
Rendimiento qq/ha			
Intensivo	28.5	30.7	29.6
Semi-intensiva	29.7	30.7	30.2
Mínima labor	27.5	30.2	28.9
DMS (P=0.05)	3.35		
Densidad aparente del suelo antes de la siembra, g/cc(')			
Intensiva	0.84		
Semi-intensiva	0.86		
Mínima labor	1.04		
DMS (P=0.05)	0.15		
Densidad aparente del suelo después de la siembra, g/cc			
Intensiva	0.94	0.96	0.95
Semi-intensiva	1.02	0.98	1.00
Mínima labor	1.08	1.04	1.06
DMS (P=0.05)	0.07		
Profundidad de siembra, cm			
Intensiva	1.9	0.8	1.4
Semi-intensiva	1.9	0.8	1.4
Mínima labor	1.6	0.5	1.1
DMS (P=0.05)	0.3		
Número de plantas/m lineal			
Intensiva	43	34	38.5
Semi-intensiva	38	33	35.5
Mínima labor	39	38	38.5
DMS (P=0.05)	7.4		
Número de malezas/m ² (')			
Intensiva	980		
Semi-intensiva	938		
Mínima labor	630		
DMS (P=0.05)	259		

(') Estos valores corresponden a cada parcela de preparación de suelo sin hacer distinción de tipo de máquina sembradora utilizada.

Fuente: Referencia 77.

de siembra, plagas, variabilidad del material relacionado con la edad de maduración de la planta, la localización del cultivo y el nivel de fertilidad de los suelos (69).

La producción varía mucho de acuerdo con las condiciones del cultivo, tan poco como 450 Kg/ha en zonas con altitudes de 2 000 msnm. El promedio de producción es alrededor de 800 y 1 000 Kg/ha en el altiplano (69).

VI. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se conocen tres especies de quenopodios que tienen cierta importancia como alimento en la actualidad: C. quinoa, C. pallidicaule en Sudamérica y C. nuttalliae en México; estas plantas son originarias en los lugares donde se las conoce.

Quinoa y cañihua se utilizan principalmente como cereales (avena y trigo) y huauzontle como vegetal.

La quinua contiene glutelina, globulina y albúmina en mayor proporción y prolaminas en menor porcentaje.

La verdadera importancia de la quinua es la calidad de sus proteínas (buen balance de aminoácidos) y su contenido de minerales y vitaminas.

La quinua presenta más isoleucina, lisina y tirosina que los cereales más comunes.

Con respecto a carbohidratos la quinua presenta 54 a 65% de almidón, también presenta un elevado contenido de grasa.

La quinua tiene sabor amargo debido a las saponinas que contiene en la parte externa de la semilla. Para eliminar las saponinas se han ensayado métodos de fitomejoramiento para obtener variedades con bajo contenido de saponinas y métodos físicos de eliminación de saponinas después de la cosecha, de los cuales, el proceso de escarificado y lavado han demostrado la mayor eficacia.

Lo más importante es que mediante todos los estudios realizados se ha encontrado un valor nutritivo alto, siendo demostrado en crecimiento de ratas, pollos, cerdos; etc. . Su contenido de proteína es superior al de los cereales de mayor uso.

Por las características mencionadas anteriormente se han estudiado estos cultivos para aplicarlos mejor a la alimentación humana; teniendo en cuenta que en Sudamérica se utilizan quinua y cañihua como alimento tradicional.

El empleo que se les da a estas semillas es como cereal, harina y vegetal. Por lo tanto para obtener la harina se ha estudiado la manera de procesar la quinua para no perder sus características nutritivas, llegando a la conclusión de que se pueden hacer molinos especiales para este tipo de semillas.

En los análisis hechos a las harinas obtenidas se ha encontrado un buen valor nutritivo, tanto en las harinas como en los subproductos. Y la harina de quinua como sucedánea en panadería, galletería y fideos mejora la calidad nutritiva de cada uno de los productos, en porcentajes de sustitución adecuados.

En resumen, los productos que de quinua se utilizan son: quinua perlada, harina de quinua, hojuelas de quinua y maná de quinua.

Además de estos productos que ya se utilizan en

alimentación hay otros que se pueden hacer y estudiar, para explotar bien las cualidades nutritivas de esta semillas, como bebidas proteínicas, aceites comestibles, leche de germen de quinua, complementos en alimentación infantil etc.

La quinua es un cultivo resistente que crece donde otros no tienen éxito, per aún se cultiva en condiciones rudimentarias, se han conducido algunos estudios referentes a las características agronómicas de quinua, arrojando resultados optimistas respecto a la mecanización de los cultivos.

Por todo ésto esto es importante la investigación en relación a estos cultivos, para utilizar mejor su potencial nutritivo, ya que la quinua tiene sus propios méritos como cultivo y como alimento y dado que C. nuttalliae es del mismo género sera conveniente considerarlo como un cultivo potencial para desarrollar en México.

VII. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aellen, P. and T. Just. 1943. Key and synopsis of the American species of genus *Chenopodium* L. Amer. Midland. Nat. 30: 47-67.
- 2.- Allred, L. Mahoney, A. Q. and Hendricks, D. G. 1976. The availability of iron in quinoa. Nutr. Repts. Internal. 14(5): 575-579.
- 3.- Alvistur, J. E., White, P. L. y Collazos, C. 1953. El valor biológico de la quinua. Boletín No. 19. Sociedad Química de Perú: 197-209.
- 4.- Amaya, J. 1983. Reducción del nivel de saponinas en quinua con molino paraccereales. Mem. Mesa Redonda Internal. FAO-IBTA, La Paz Bolivia: 75-80.
- 5.- Ariotti, P. 1975. *Chenopodium quinoa* Willd. Recherche sulla composizioni Chimico. Fac. Med. Vet. Univ. Torino Italia (tesis de grado, 1974-75).
- 6.- Asch, D. L. and Asch, N. B. 1977. *Chenopod.* as cultigen: A re-evaluation of some prehistoric collections. J. Archaeol. 2: 3-45.
- 7.- Ballón, E. 1982. Coportamiento de la harina de quinua variedades: dulces y amargas (En mezclas de harinas compuestas para panificación). Mem. III Cong. Internal. Cult. Andinos (febrero) IBTA, CIIA. La Paz, Bol.: 21-28.

- 8.- Ballón, E. 1982. Estudios de proteínas en variedades de quinua. Mem. III Cong. Internal. Cult. Andinos (febrero) IBTA-CIIA, La Paz, Bol.: 22-34.
- 9.- Ballón, E. 1983. Detección y estimación de saponinas en variedades de quinua en grano-harina y salvado. Mem. Mesa Redonda Internal. FAO-IBTA. La Paz, Bol.: 22-34.
- 10.- Benvenuto, R. D. 1983. Elaboración de una bebida proteica a base de quinua. Mem. Mesa Redonda Internal. FAO-IBTA. La Paz, Bol.: 39-55.
- 11.- Birk, Y. 1963. Saponins toxic constituents of plants food tuffs, New York, Ed. Acadec. Press. Cap VII: 169-210.
- 12.- Briceño, P. O. y Bacigalupo, A. 1972. Valor biológico de diferentes niveles de proteínas de quenopodiáceas peruanas. Mem. III RReunión de la sociedad Latinoamericana de la Nutr. y Seminario sobre ambiente biológico y nutrición. Inst. de Nutr. de Centroamérica Y Panama (INCAP). Guatemala.
- 13.- Briceño, P. O. y Scarpati de B., Z. 1982. Efecto de la molienda experimental del grano de quinua sobre su composición de nutrientes. III Cong. Internal. de Cult. Andinos. IBTA-CIIA. La Paz, Bol.: 159-167.

- 14.- Briceños, P. O. 1983. Proceso de molienda diferencial del grano de quinua y características nutricionales de las harinas obtenidas, Mem. Mesa Redonda Internal. FAO-IBTA. La Paz, Bol.: 65 - 74.
- 15.- Briceño, P. O. 1983. Posible transferencia de la tecnología de la quinua basada en las experiencias de Perú y Bolivia. Mem. I Convención de Quenopodiáceas, Puno, Perú. Univ. Fac. Agron.: 47-50.
- 16.- Bruin, A. de. 1964. Investigation of the value of quinua and cañihua seed. Journal of Food Science. 29: 872-876.
- 17.- Bukasov, S. M. 1930. The cultivated plants of México, Guatemala and Colombia. Suppl. 47th to the Bull of Appl. Bot. Ed. Gener. & Plant Breed, 563 pag. Leningrad.
- 18.- Cardozo, A. 1959. Estudio comparativo del valor nutritivo de la torta de palma africana, quinoa y leche descremada en polvo. (Tesis Mag. Sci.). Turrialba Costa Rica IICA, 46 pag.
- 19.- Cooper-Clark, J. 1938. Codex Mendoza. The Mexican Manuscript Knoen as the colection of Mendoza and preserved in the Bolleian Library, Oxford, 3 Vol. Waterlow Sons, Limited London.

- 20.- Cornejo deZ., G. 1976. Hojas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) fuente de proteína. Mem. II Convención Internal. Quenopodiáceas IICA. Potosí, Bol.: 176-180.
- 21.- Cravioto, R., Massieu, G. y Guzmán, G. 1951. Composición de alimentos mexicanos. Ciencia (Méx) 11 (5-6): 133.
- 22.- Cheeke, P. R., Kinsell, J. H. and Pederse, M. W. 1977. Influence of saponins on alfalfa utilization by rats, rabbits and seiw, J. Anim. Sci. 46: 476.
- 23.- Cheeke, P. R. and Carlsson, R. 1978. Evaluation of several crops as source of leaf meal: Composition, effect of drying procedure, and rat growth response. Nutr. Repts. Internal. 18(4): 465-473.
- 24.- Chiriboga, J., Velazquez, D., 1957. Análisis cromatográfico de los aminoácidos de quinua y estudio cuantitativo de los mismos en 6 de las variedades más importantes que se consumen en el Perú. An. Fac. Med., Lima II, 2 (2): 489-503.
- 25.- Fuentes de J., M. 1983. La investigación de la quinua y sus aportes en el Institutuo Nacional de Desarrollo, Agro- Ind. INDDA, Mem. Mesa Redonda Internal. FAO-IBTA. La Paz, Bol.: 61-62.

- 26.- Fuller, H. J. 1943. Photoperiodic response of *Chenopodium quinoa* Willd an *Amaranthus caudatus* L., Amer. J. Bot., 36: 175 -180.
- 27.- García, M. N. J. 1968. Valor biológico de las quenopodiáceas. Anales de la I Convención de Quenopodiáceas. Fac. de Agron. Univ. Nal. Téc. del Altiplano. Puno, Perú: 101 - 108.
- 28.- Gorbitz, A. y Fuente, L. de la 1957. "Estudio sobre la quinoa en el Perú. Ministerio de Agricultura. Circular No. 72. Lima, Perú.
- 29.- Heiser, C. B., and Nelson, D. C. 1974. On the origin of the cultivated chenopods (*Chenopodium*). Genetics 78: 503 - 505.
- 30.- Hernández, F. 1888, Cuatro libros de la naturaleza y virtudes medicinale de las plantas y animales de la Nueva España (extracto de las obras del Dr. Francisco Hdz. anot. traduc. y public. en México, 1715, por el Dr. Fco. Ximenes, reimpresso bajo la dirección de Nicolas León), I Vol. de 308 pag. Morelia, México.
- 31.- Hunziker, A. T. 1943. "Las especies alimenticias de *Amaranthus* y *Chenopodium* cultivadas por los indios de América". Rev. Argentina de Agronomía, 10 (4): 297-354.
- 32.- Hunziker A. T. 1952. Los pseudocereales de la agricultura indígena en América", (Univ. Nal. de Córdoba, Buenos Aires) Acme Agency Soc. Resp. Buenos Aires: 18-74.

- 33.- Instituto de Invest. Agroindustriales. 1977. La quinua sucedánea y fortificante de la harina de trigo en panificación y galletería. La Molina, (Proyecto III de PRONAP Lima, Perú.: 1- 89.
- 34.- Inst. de Invest. Agroind. 1978. Subproyecto, Industrialización del grano de quinua. La Molina, Lima, Perú.: 25 - 31.
- 35.- Junge, I. 1975. Lupino y quinua. Estado actual de los conocimientos y de las investigaciones sobre su empleo en la alimentación humana. Univ. de Concepción, Chile: 28 - 77.
- 36.- Leninger, A. 1977. Bioquímica. 2a Ed. Omega. Barcelona España' 1093 pag.
- 37.- Linn, O. 1983. El valor nutritivo de la quinua. Mesa Redonda Internal. sobre el Procesamiento de la Quinua. FAO-IBTA. lo.- 5 ag. La Paz, Bol.: 151- 158.
- 38.-Luna de la fuente, R. 1957. Ensayo de elaboración sobre la quinua en el Perú. Estación experimental agrícola de La Molina. Ministerio de Agricultura, Informe mensual No. 364: 1 - 7, Lima, Perú.
- 39.- Luna de la Fuente, R. 1967. Ensayo de panificación con mezclas de harinas de trigo y quinua. Informe mensual. EEA. 31: 358, Lima, Perú.

- 40.- Mahoney, A. W., López, J. G. and Hendricks, D. G. 1975. An evaluation of the protein quality of quinoa. *J. Agri. Food Chem.* 23 (2): 190-193.
- 41.- Marcheti, I., 1957. Preparación y estudio químico de pastas alimenticias a base de huevos, harinas de quinua y harinas de trigo. Tesis Fac. Farm. y Bioq. UNMSM, Lima, Perú. *Anales*, No. 8: 146 - 147.
- 42.- Martínez, M. 1928. Las plantas más útiles que existen en la República Mexicana. 1 Vol. de 381 pag más ilustr. México. Ed. Linotipográficos de H. Barrales Sucre.
- 43.- Martínez, M. 1936. Plantas útiles de México, 2a ed., 400 pag. más figs. Méx. D. F. Ed. Linotipográficos de H. Barrales Sucre.
- 44.- Mealla, C. 1982. Un método grabimétrico para la determinación del contenido de saponinas en quinua. *Mem. III Cong. Internal. de Cult. Andinos*. La Paz, Bol.: 157 - 158.
- 45.- Milroy, R. J. Edward, A. J. 1951. The plant glucosides saponins. Ed. London. Alhamha. Ing.
- 46.- Montenegro, B. C. 1975. Investigación sobre la quinua dulce de quitopamba. Univ. de Nariño de Cien. Agric y de Educ. Dpto. de Química Informe parcial de los trabajos realizados. Psto. Col.

- 47.- Moreyra, P. 1978. " Estudio sobre la eliminación de saponinas y el uso industrial de la quinua". Proy. Intec. No. 311: 8 - 129, Perú.
- 48.- National Academy of Sciences. 1975. Underexploited Tropical Plants With Promising Economic Value. Washington, D. C. : 20 - 30.
- 49.- Negrón, A. 1976. La quinua y la ñihua en raciones de pollos parrilleros en Puno Perú. Mem. II Convención Internal. Quenopodiáceas IICA, Potosí, Bol.: 172 - 176.
- 50.- Nelson, D. C. 1968. Taxonomy and origins of *Chenopodium quinoa* an *Chenopodium nuttalliae*. Diss. Abstrs. Sect. Bot. Indiana Univ.: 3224-B - 3225-B.
- 51.- Nuttall, Z. 1925. The gardens of ancient México. Ann. Rep. Smithsonian Ins. for year 1923: 453 - 463. Wash. D. C.
- 52.- Olivera, N. y Arrescue, W. 1970. Proteínas de la harina de quinua. Bol. Soc. Quim. del Perú, 36: 165 -180.
- 53.- Pimentel, H. 1976. Informe sobre la situación actual de la agroindustria de quinua en Cuzco, Puno, Arequipa, Proyecto fondo Simon Bolivar, 26 pg.
- 54.- Pulgar, V. J. 1954. La quinua o suba, Agr. Ficher. Cientif. Agrope. Publicación No. 3, Bogotá Colombia: 1-136.
- 55.- Quiroz-Pérez, F., Elvehjem, C. A. 1957. Nutritive value of quinua protéins. J. Agr. Food. Chem. USA. 5: 538.

- 56.- Rea, J. 1948. Observaciones sobre la biología floral y estudio de saponinas en *Chenopodium quinoa* Willd. La Paz, Bol. Min. de Agr. 17 pag. serie técnica No.3
- 57.- Regginaldo, S. A. 1983. Invecciones u costos de procesamiento de la planta piloto de quinua, de Huarina. Mem! Mesa Redonda Internal. FAO-IBTA. lo.- & Ag. La Paz, Bol.: 117-133.
- 58.- Robelo, C. A. 1908. Diccionario de mitología Nahoá. An. Mus. Nac. México, 5: 1 - 553, (segunda época) Méx. D. F.
- 59.- Romero, J. A. 1981. Evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de ocho variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Tesis . INCAP, Guatemala.
- 60.- Romero, A. 1983. Desarrollo y evaluación de productos extraídos de quinua. Mem. Mesa Redonda Internal. FAO-IBTA. lo.- 5 ag. La Paz, Bol.: 85-95.
- 61.- Safford, W. E. 1918. "*Chenopodium nuttalliae*, a Food plant of the Aztecs". J. Wash. Acad. Sci, 8: 521-527.
- 62.- Sahagún, B. 1907. Historia de las cosas de la Nueva España. Códice Martinense de la Real Academia de la Historia (Edic. complen. en fascimile publ. pro Francisco del Paso y T.) Tomo V. Madrid.

- 63.- Sánchez Marroquín, A. 1983. Dos cultivos olvidados de importancia agronómica, el amaranto y la quinua. Arch. Nutr. 33 (1): 143_
- 64.- Sánchez, M. A. 1983. Composición química de la semilla del huauzontle (*Chenopodium nuttalliae*) (Tesis, grado) ENEP-Z UNAM.
- 65.- Scarpati, Z. y Briceño, O. 1980. Evaluación de la composición química y nutricional de lagunas entradas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) del banco de germoplasma de la Univ. Nal. Téc. del Altiplano. An. Cient. UNA. 18 (1-4): 125- 134.
- 66.- Simmonds, N. W. 1965. The grain chenopods of the tropical American higlands. Economic Botany, 19: 223 - 234
- 67.- Simmonds, N. W. 1976. Quinoa and relatives. Evolution of crop plants. Ed. N. W. Simmonds.
- 68.- Smith, B. D. 1984. *Chenopodium* as a Prehistoric domesticate in eastern North America: Evidence from Russel Cave Alabama. Sci., 226: 165 - 167.
- 69.- Soto, V. A. y Tapic, M. 1984. Estudio del rendimiento de nutrientes del grano de 12 variedades de quinua. Mem. IV Cong. Internal. de Cult. Andinos. Pasto. Nariño, Col.: 240-247.

- 70.- Telleria, M. L. 1976. Estudio comparativo e dos efectos do tratatermico en quatro variedades de quinoa, (*Chenopodium quinoa* Willd). Copinas, Bracil. UEC Fac. Ing. Alim e Agic. 10: 41 (Tesis Mag. Sci).
- 71.- Van Etten, C., H. Miller, R. W., Wolf, and Jones, Q., 1963. Amino acid composition of seed from 200 angiospermus plants species. J. Agr. Food. Chem., 11(5): 399-410.
- 72.- Weber, E. J. 1978. The Inca's ancient answer to food shortage, Nature, 272: 486.
- 73.- White, P. L., E. Alvistur, C., Diaz, E., Vianas, H. S., White, and Collazos, C. 1955. Nutrient. content and protein quality of quinoa andcañihua, edible seed products of the Andes mountains. J. Agr. Food. Chem., 3 (63) - 531-39.
- 74.- Wilson, H. D. and Heiser, C. V. J. 1979. The origin and evolutionary relationships of "huauzontle" (*Chenopodium nuttalliae* Safford) domesticated *Chenopodium* of México. Am. J. Bot., 66 (2): 198-206.
- 75.- Wilson, H. D. 1981. Domesticated *Chenopodium* of the Ozark Bluff- Dwellers. Econ. Bot. 35(2): 233 - 239.
- 76.- Wolf, H. J. 1950. Some characteristics of the starches of thre South American seeds used for food. Cereal. Chem. USA. 27:219 -22.

- 77.- Yañez, E. e Ivanovic. D. 1983. La producción e industria de ala quinua en Chile. Mem. Mesa Redonda Internal. FAO-IBTA. lo.- 5 ag. La Paz Bol: 7-10.
- 78.- Zvietcovich, C. M. 1976. Identificación del comportamiento fisiológico de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) como plantas eficientes "C₄" o ineficientes "C₃". II Conv. Internal. Quenopod. IICA. Potosí, Bol.: 70 -79.