

# **El Valor Nutritivo de los Cultivos Andinos y su Contribución a la Solución del Problema de la Desnutrición en Bolivia**

**Hans Schoeneberger**

## **Introducción**

El problema nutricional más grave de Bolivia es, desde el punto de vista de la salud pública, la desnutrición proteico-calórica (DPC). Los datos más fidedignos sobre este problema los recopiló la última Encuesta Nacional de Demografía y Salud (ENDSA) en 1994, en la que se comprobó, con diferentes indicadores, la elevada frecuencia de esta manifestación de la pobreza. Tomando como indicador la talla para la edad y dos desviaciones estándar como punto de corte, se encontró que el 28.3% de los niños menores de 3 años sufría de retardo en el crecimiento, denominado también “enanismo nutricional” o “desnutrición crónica”. Se trata de un retardo en el crecimiento lineal, que parece ser un mecanismo de defensa biológica, por medio del cual el organismo se adapta a la deficiencia alimentaria, ya que los requerimientos nutricionales disminuyen en los niños de menor estatura. Este déficit nutricional es el responsable de la poca resistencia de la población a las enfermedades y en consecuencia a las inaceptables tasas de mortalidad infantil que azotan al país.

La distribución nacional de la desnutrición con el indicador de talla para la edad es expresada en el Cuadro 1.

Como se puede observar, las tasas más altas de desnutrición se detectaron en la zona del Altiplano; la frecuencia disminuye en los valles interandinos y es aún menor en los llanos orientales.

Con el indicador peso por talla, por el contrario, las prevalencias de desnutrición aguda son bajas. Por lo tanto, el problema nutricional más grave es el de la desnutrición crónica, causada por la deficiencia prolongada de alimentos así como también por la alta incidencia de enfermedades infecto-contagiosas.

Desde la década de los 60 está muy difundida la creencia de que la desnutrición se debe básicamente a una baja ingesta de proteínas. Sin embargo, la revalorización de los requerimientos proteínicos a principios de los años 70 y una mejor comprensión de las interacciones entre proteínas y energía dejaron en claro que la gran mayoría de las dietas, incluyendo los vegetales, cubren los requerimientos proteínicos, siempre y

cuando contengan la suficiente cantidad de calorías. Esto quiere decir que la desnutrición observada se debe casi siempre un déficit calórico con excepción de algunas dietas muy monótonas que se basan casi exclusivamente en raíces (por ejemplo yuca) o tubérculos.

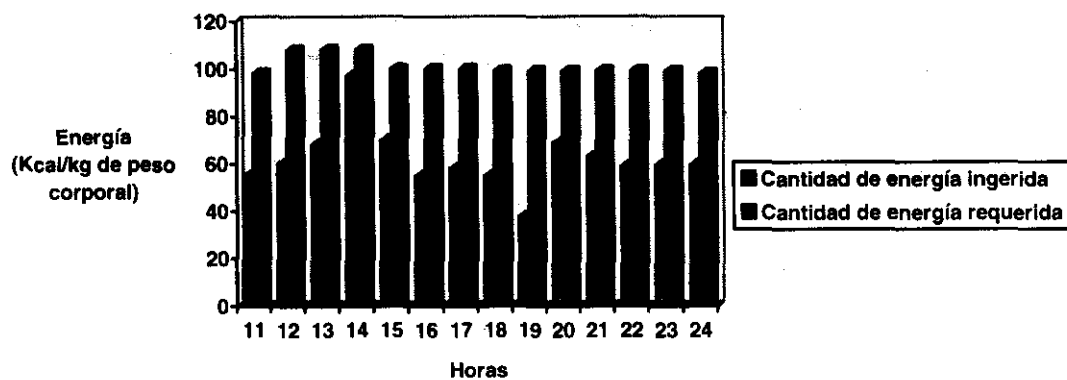
El primer estudio realizado por PROSANA en la provincia andina de Arque, departamento de Cochabamba confirma este hecho. Unos 14 niños menores de cinco años, cuyo consumo alimentario se registró durante 24 horas, ingirieron en promedio solamente entre el 50 y 60% de sus energías requeridas (Figura 1), mientras que su déficit en la ingesta proteínica era mucho menor (Figura 2). Si los niños hubieran sobrepasado en todos los casos sus respectivas necesidades proteicas, lo que confirma que en primer lugar les faltan calorías y no proteínas.

**Cuadro 1.** Indicadores de desnutrición por características socioeconómicas seleccionadas.

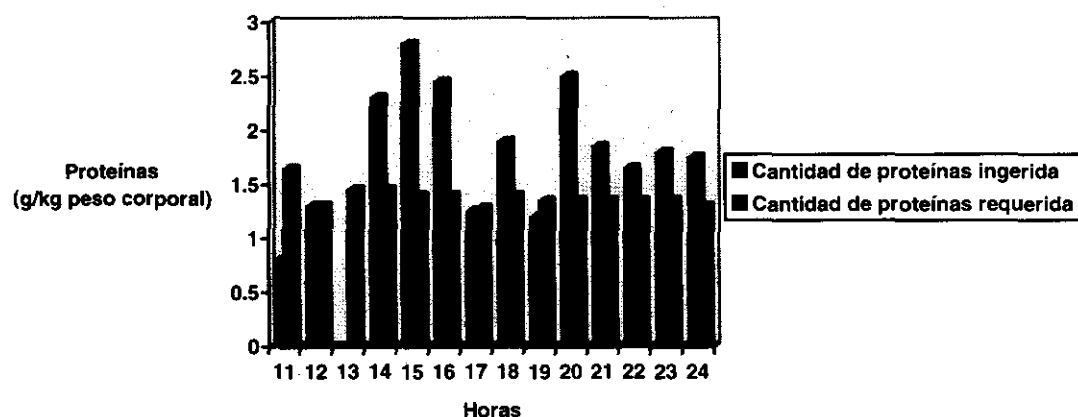
| Característica              | Talla para la edad | Peso para la talla | Peso para la edad |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| <b>Area</b>                 |                    |                    |                   |
| Urbana                      | 20.9               | 3.3                | 11.6              |
| Rural                       | 36.6               | 5.6                | 20.4              |
| <b>Región</b>               |                    |                    |                   |
| Altiplano                   | 33.3               | 4.6                | 15.6              |
| Valle                       | 29.9               | 4.4                | 18.6              |
| Llano                       | 18.2               | 3.9                | 12.6              |
| <b>Departamento</b>         |                    |                    |                   |
| La Paz                      | 32.5               | 3.2                | 14.1              |
| Oruro                       | 37.5               | 2.2                | 17.3              |
| Potosí                      | 33.2               | 2.2                | 19.3              |
| Chuquisaca                  | 33.9               | 2.2                | 24.7              |
| Cochabamba                  | 30.7               | 1.8                | 18.6              |
| Trija                       | 21.9               | 2.4                | 11.5              |
| Santa Cruz                  | 16.2               | 3.3                | 10.8              |
| Beni/Pando                  | 28.4               | 7.3                | 21.5              |
| <b>Nivel de Instrucción</b> |                    |                    |                   |
| Sin instrucción             | 45.7               | 8.4                | 25.7              |
| Básico                      | 34.0               | 4.0                | 19.0              |
| Intermedio                  | 19.7               | 4.0                | 12.7              |
| Medio o más                 | 14.9               | 3.2                | 6.8               |
| Total ENDSA 94              | 28.3               | 4.4                | 15.7              |
| Total ENDSA 89              | 38.3               | 1.6                | 13.3              |

Fuente: Encuestas Nacionales de Demografía y Salud (1989, 1994).

Entre los niños menores de 3 años, porcentaje clasificado como desnutrido según tres índices antropométricos: talla para la edad, peso para la edad y peso para la talla, según características socioeconómicas seleccionadas. Bolivia, 1994.



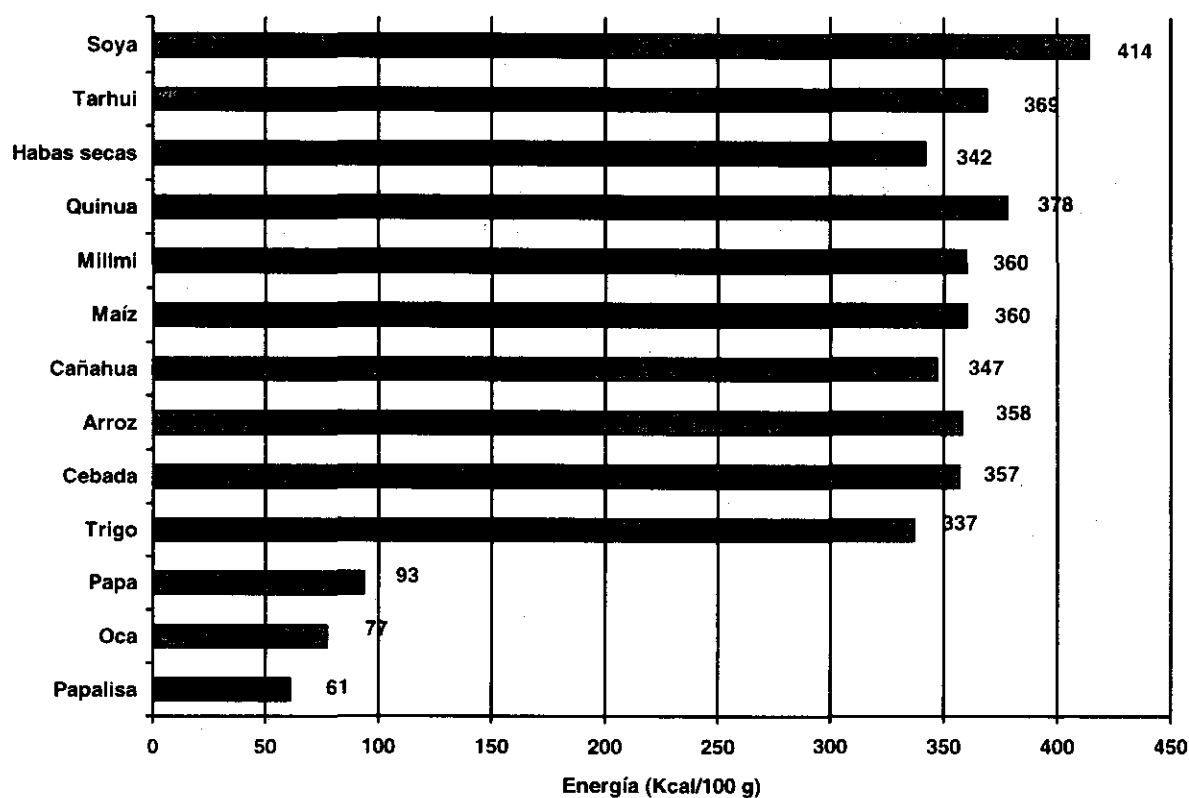
**Figura 1.** Comparación de las cantidades ingeridas y recomendadas de energía (kcal/kg) en un experimento con 14 niños durante 24 horas.



**Figura 2.** Comparación de las cantidades ingeridas y recomendadas de proteínas (g/kg peso) en un experimento con 14 niños durante 24 horas.

## Valor Nutritivo de los Cultivos Andinos

Los cultivos andinos pueden contribuir significativamente a mejorar esta situación nutricional. Muchos de ellos tienen un alto contenido energético (Figura 3). Mientras que los tubérculos como la papa o la oca presentan una densidad energética muy baja, debido a su alto contenido de agua (80%), los granos como la quinua o el millmi tienen un alto contenido energético. Su valor energético es sólo superado por los granos de tarhui desamargado, por su alto contenido de proteínas y lípidos.



**Figura 3.** Contenido energético por 100 g de porción comestible.

En base a su contenido proteico, los cultivos andinos también pueden dividirse en tres grupos: los tubérculos con muy bajo contenido proteínico, los granos con un contenido proteínico regular y las leguminosas con un alto contenido proteínico, destacando nuevamente el tarhui por ser el cultivo andino más rico en proteínas (Figura 4). Su contenido proteínico en forma preparada, es decir como mote con un alto contenido de agua, puede ser comparado incluso con los alimentos de origen animal, como las carnes o el pescado (Figura 5).

Aparte del contenido proteico de un alimento también es muy importante la calidad de esta proteína. La cantidad de una proteína depende de su contenido de aminoácidos (AA) esenciales, es decir, de aminoácidos que no pueden ser sintetizados por el organismo humano y por lo tanto tienen que ser ingeridos con los alimentos. En este sentido la proteína más completa, o sea la proteína ideal, es la proteína de la leche porque contiene todos los aminoácidos en las cantidades requeridas por el organismo. Por eso, en toda comparación se toma esta proteína como referencia (100%). Si se compara la proteína de tarhui con esta referencia, se puede observar que su calidad proteica es muy inferior (50%), lo que se debe a su bajo contenido de metionina y cistina. Aún peor es el caso del maíz, cuya calidad proteica llega sólo a un 25% comparado con la leche debido a la falta de lisina, parecido al caso del trigo (53%) o de otros cereales.

Sin embargo, si se mezclan ambas proteínas en una relación 50:50, el valor proteico llega al 85% de la referencia. Este hecho se debe al llamado "efecto complementario", es decir los AA que faltan en la proteína de tarhui, sobren en la proteína del maíz, mientras que los que faltan en el maíz son aportados por el tarhui.

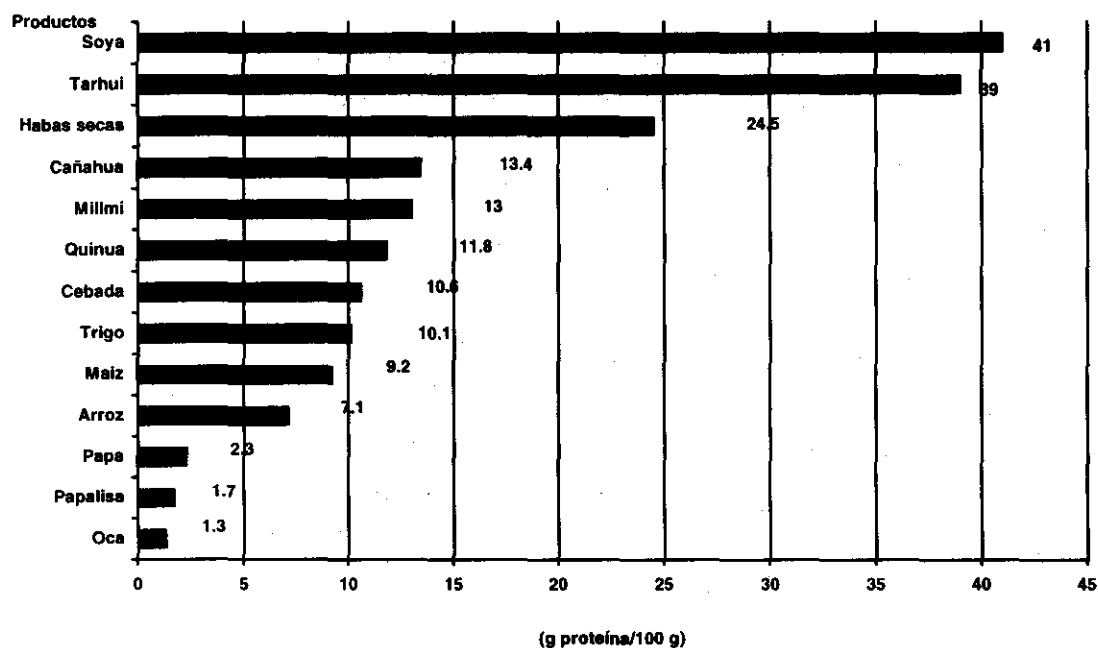


Figura 4. Contenido de proteínas por 100 g de porción comestible.

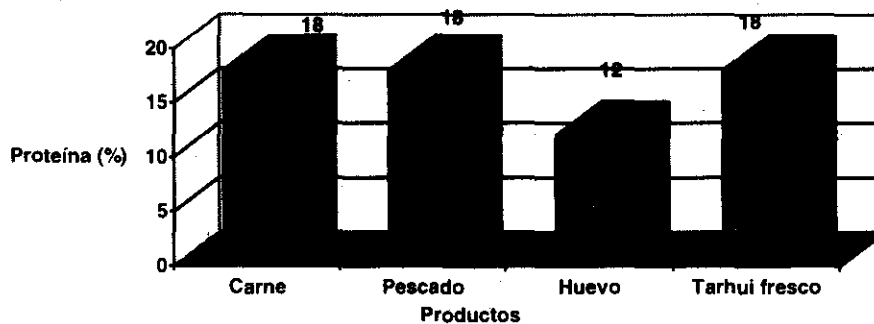


Figura 5. Alimentos ricos en proteínas.

Este efecto complementario es aún más notorio cuando se trata de mezclar tres diferentes proteínas. Las mezclas en proporciones iguales llegan a ser de igual calidad proteica que la de la leche, como es el caso de la mezcla entre avena, quinua y tarhui.

Esto quiere decir que con una buena combinación de fuentes proteicas de origen vegetal se puede reemplazar perfectamente las proteínas de origen animal sin ninguna pérdida en calidad.

Un resultado sobresaliente muestra la calidad de la proteína de la quinua. Su composición de AA esenciales es tan perfecta como de la leche, es decir que no requiere ninguna complementación, con lo cual representa una verdadera excepción en el reino vegetal.

Estos resultados nos llevan a unas recomendaciones bastante sencillas: para obtener una alimentación con una proteína de buena calidad no es necesario consumir productos de origen animal, los cuales por lo general no son accesibles para la población con problemas de desnutrición por su alto precio. Más bien se debe recurrir a una alimentación a base de productos vegetales baratos, mezclando estas fuentes proteínicas y energías en una relación de 2 partes de algún cereal con una parte de alguna leguminosa.

La eficacia y sencillez de este procedimiento se muestra en un ensayo de panificación. Si se compara el valor proteico de un pan de trigo, que por la pérdida del AA lisina durante el proceso de panificación llega sólo a un 28% de la referencia (leche), con un pan a base de una mezcla de harina de trigo (90%) con harina de tarhui (10%), se puede observar que el valor proteico aumenta hasta el 76%. Al mismo tiempo aumenta el contenido proteico de 9.6% al 12.3%, o sea, hay un gran incremento tanto en cantidad como en calidad proteica.

El Cuadro 2 muestra que el tarhui en forma desamargada y molida (harina) puede competir perfectamente con uno de los alimentos vegetales más famosos por su valor nutritivo, la soya. Tanto su contenido de proteínas y lípidos, como también su digestibilidad son comparables. También cabe recalcar la excelente calidad del tarhui, porque más de la tercera parte de sus ácidos grasos son poli-insaturados.

**Cuadro 2. Comparación de las harinas de tarhui y soya.**

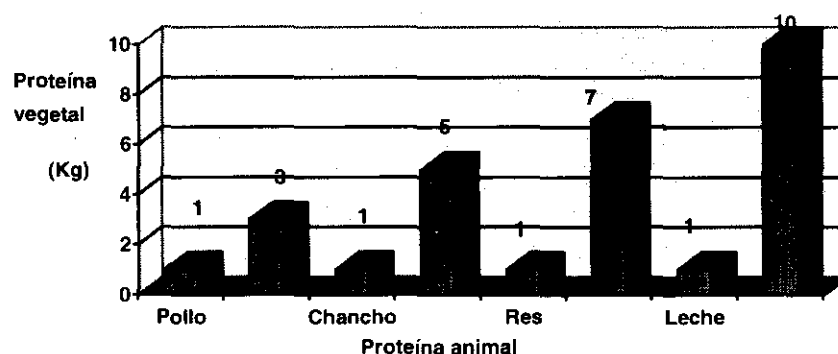
| Compuesto      | Harina de tarhui<br>(%) | Harina de soya<br>(%) |
|----------------|-------------------------|-----------------------|
| Proteínas      | 46.2                    | 43.8                  |
| Carbohidratos  | 11.4                    | 16.5                  |
| Lípidos        | 24.4                    | 24.1                  |
| Cenizas        | 2.9                     | 4.1                   |
| Fibra          | 10.2                    | 6.5                   |
| Agua           | 5.0                     | 5.0                   |
| <b>Total</b>   | <b>100.0</b>            | <b>100.0</b>          |
| Digestibilidad | 85.0                    | 86.0                  |
| Kcal/100 g     | 407                     | 412                   |

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 3.** Rendimientos de algunos cultivos y sus valores equivalentes en proteínas y calorías.

| Cultivos  | Rendimientos*<br>(kg/ha) | Contenido de<br>proteínas<br>(g/kg) | Contenido de<br>energía<br>(kcal/kg) | Valor en<br>proteínas<br>(kg/ha) | Valor en<br>calorías<br>(000 kcal /ha) |
|-----------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--|
| Papa      | 14,000                   | 27                                  | 930                                  | 378                              | 13,020                                 |
| Oca       | 12,000                   | 13                                  | 770                                  | 156                              | 9,240                                  |
| Papalisa  | 4,000                    | 17                                  | 610                                  | 68                               | 2,440                                  |
| Trigo     | 900                      | 93                                  | 3,370                                | 84                               | 3,033                                  |
| Cebada    | 1,000                    | 118                                 | 3,570                                | 118                              | 3,570                                  |
| Maíz      | 200                      | 95                                  | 3,600                                | 114                              | 4,320                                  |
| Haba seca | 1,700                    | 240                                 | 3,540                                | 408                              | 6,018                                  |
| Tarhui    | 800                      | 420                                 | 3,690                                | 336                              | 2,952                                  |
| Quinua    | 600                      | 118                                 | 3,770                                | 71                               | 2,262                                  |

\* Fuente: PROINPA (1989-1990) y PROSANA (1991-1992).



**Figura 6.** Conversión de proteína vegetal en proteína animal.

Después de estas consideraciones sobre el valor nutritivo de los cultivos andinos surge necesariamente la pregunta: Si el valor nutritivo de los tubérculos es tan inferior en comparación con los otros cultivos andinos, ¿por qué la papa y la oca y otros juegan un rol tan importante en la economía campesina? La respuesta nos la da el Cuadro 3 que muestra el rendimiento promedio de algunos cultivos en el departamento de Cochabamba. Como se puede ver, el cultivo que a pesar del bajo contenido energético rinde más calorías por hectárea al campesino es justamente la papa, seguida por la oca. En el rendimiento proteínico por hectáreas sobresalen las habas.

Otra consideración merece el hecho de que la alimentación del poblador andino fue siempre y sigue siendo básicamente vegetariana. Esto se debe a la escasez de tierras de cultivo en los terrenos accidentados de los Andes que no permitieron una ganadería en gran escala y al enorme lujo que significa transformar las calorías y proteínas vegetales en calorías y proteínas animales. La Figura 6 muestra los factores de conversión respectivos. Esto quiere decir que para obtener un kilo de proteína res, se

tiene que gastar 7 kilos de proteína vegetal. Este derroche se justifica solamente cuando hay grandes extensiones de tierra para el pastoreo que no pueden o no necesitan ser usados para producir alimentos de origen vegetal para el consumo humano directo (tubérculos, granos, etc.).

También es interesante comparar el costo de las calorías y proteínas provenientes de diferentes alimentos. Resulta, por ejemplo, que son más baratas las calorías del tarhui o del maíz que las del arroz o de los fideos. En el caso de las proteínas, la diferencia de los precios es más evidente. Las proteínas del tarhui o de la soya cuestan solamente la séptima parte de lo que cuesta las proteínas de origen animal como las de la carne, del huevo o de la leche.

Resumiendo, se puede concluir que las dietas basadas en fuentes alimenticias vegetales de producción local constituyen, en forma bien combinada, una contribución de bajo costo, ecológicamente útil y fisiológicamente adecuada para combatir la desnutrición tan difundida en la región andina.



# La Quinua

Humberto Gandarillas Santa Cruz

## Domesticación y Origen

El cultivo de las plantas se inició en la meseta andina con la domesticación de la quinua, la cañihua y los tubérculos como la papa, el ulluco y el izaño, en tiempos remotos que pueden haber sido hace unos 10,000 años. En el origen de la quinua participaron las especies silvestres diploides *Chenopodium hircinum* y *C. petiolare* que tienen 18 cromosomas, los cuales al cruzarse dieron origen a la quinua cultivada *C. quinoa* que tienen 36 cromosomas, que es la suma del número de cromosomas de las anteriores.

A las especies silvestres mencionadas las hemos encontrado creciendo casi juntas en la sierra del Ecuador y en los valles del río Choqueyapu de la ciudad de La Paz hasta Mecapa, y en Parotani y Cuchu Punata del departamento de Cochabamba. En el Perú solamente la hemos observado en herbarios.

La abundancia de estas especies en los valles del río Choqueyapu nos lleva a considerar que la quinua, así como las diferentes especies de papa que se cultivan en los Andes cuyos progenitores también habitan en ellos, fueron domesticadas en el extenso valle formado por Chuquiago, que es el nombre nativo de La Paz, Obrajes, Calacoto, Ovejuyo, Sanguencoma, Achumani e Irpavi. Este valle donde las heladas son benignas y el suelo y la cantidad de lluvia anual ideales para el crecimiento de estas plantas fue el laboratorio para la domesticación de las especies que hemos mencionado. De este valle la quinua subió al altiplano y se extendió al resto de América del Sur por la acción de las migraciones y el intercambio entre las antiguas culturas. Se sabe que los Tiwanacotas llegaron hasta las costas del Perú.

## Valor Nutritivo

El valor nutritivo de la quinua se ha estudiado exhaustivamente tanto en Bolivia como en los otros países sudamericanos y también en algunos países europeos. Los datos que se presentan en el Cuadro 1 revelan claramente su valor energético y proteico, en comparación con otros cereales de consumo masivo en la alimentación humana y animal.

En lo que se refiere al valor energético, es ligeramente inferior al de la soya y muy superior al de los huevos, la carne y la leche.

**Cuadro 1. Composición de la quinua y valor energético de otros alimentos.**

|                  | <b>Humedad<br/>(%)</b> | <b>Proteína<br/>(%)</b> | <b>Grasa<br/>(%)</b> | <b>Carbohidratos<br/>(%)</b> | <b>Cenizas<br/>(%)</b> | <b>Valor energ.<br/>(kcal/kg)</b> |
|------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| <b>Quinua</b>    |                        |                         |                      |                              |                        |                                   |
| Dulce Quitopamba | 9.1                    | 17.0                    | 5.5                  | 66.0                         | 2.4                    | 3,670                             |
| Amargo Nariño *  | 9.4                    | 16.9                    | 5.5                  | 66.0                         | 2.2                    | 3,665                             |
| Otras            | 10.2                   | 13.7                    | 6.3                  | 63.8                         | 2.7                    | 3,610                             |
| <b>Maíz</b>      |                        |                         |                      |                              |                        |                                   |
| Común            | 10.6                   | 9.4                     | 4.4                  | 74.4                         | 1.2                    | 3,600                             |
| Opaco            | 13.8                   | 10.3                    | 5.3                  | 69.2                         | 1.4                    | 3,600                             |
| <b>Trigo</b>     | 14.0                   | 10.2                    | 2.0                  | 72.1                         | 1.7                    | 3,260                             |
| <b>Soya</b>      | 9.2                    | 33.4                    | 16.5                 | 35.5                         | 5.5                    | 3,980                             |
| <b>Huevos</b>    | 75.3                   | 11.3                    | 2.4                  | 2.7                          | 0.9                    | 1,480                             |
| <b>Carne</b>     | 75.2                   | 21.4                    | 3.5                  | —                            | 1.0                    | 1,130                             |
| <b>Leche</b>     | 87.4                   | 3.3                     |                      | 5.2                          | 0.6                    | 650                               |

Fuente: B.C. Montenegro. Investigación sobre la quinua dulce de Quitopamba, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas y de Educación, Dpto. de Química. Informe parcial de trabajos realizados. Pasto, 1975.

\* El contenido de saponinas es de 3.32%.

La calidad de la proteína de quinua es mejor que la de otros cereales por el contenido de aminoácidos esenciales que contiene, como se puede observar en el Cuadro 2.

Los aminoácidos lisina, isoleucina y treonina son más altos que los indicados en el patrón de la FAO. En comparación con el patrón, el triptofano alcanza el 90% y la valina el 100%; el resto están presentes en cantidades más bajas. Los aminoácidos de la proteína de la quinua están mejor balanceados que en los otros alimentos vegetales.

El valor nutritivo de la quinua ha sido demostrado en numerosos experimentos con animales. En la Estación Experimental de Patacamaya se efectuaron varios ensayos con pollos y cerdos en crecimiento. El Cuadro 3 muestra uno de ellos para probar las bondades de la quinua frente a la leche y la quinua dulce frente a la amarga.

En los 60 días que duró el experimento se encontró que con la leche los animales ganaron en promedio 375 g diarios; con la quinua dulce, en proporción de 60% del alimento, 427 g; con una cantidad equivalente a 130% también de quinua dulce, 621 g, y con quinua amarga, 489 g.

**Cuadro 2.** Contenido de aminoácidos esenciales del grano de quinua, otros cereales, una leguminosa y cuatro alimentos de origen animal.

| Alimento | Arginina | Fenil-alanina | Histidina | Isoleucina | Leucina | Lisina | Metionina | Treonina | Triptofano | Valina |
|----------|----------|---------------|-----------|------------|---------|--------|-----------|----------|------------|--------|
| 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        | 1.3     | 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       | 1.0        | 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           | —         | 5.1        | 7.5     | 8.8    | 2.9       | 4.3      | 1.0        | 5.3    |
| Patrón   | --       | 6.0           | —         | 4.0        | 7.0     | 5.5    | 3.5       | 4.0      | 1.0        | 5.0    |

Fuente: Energy and FAO Protein Requirements. Report to a Joint FAO/WHO adhoc Expert Committee, Rome, 1973. FAO Nutrition Meeting Reports series No. 52 and WHO Technical Report series No. 522.

Los resultados anteriores muestran que la quinua en cualquiera de las proporciones fue mejor que la leche y la harina de pescado, y que con 30% de quinua dulce los resultados fueron superiores.

La desventaja de la quinua es que para consumirla tiene que ser previamente desamargada, esta desventaja ha sido superada en la quinua dulce que fue obtenida por selección y cruzada posteriormente con la quinua Real para incrementar su tamaño.

## Producción

La producción total subió de 12 a 18 toneladas en el lapso de 10 años (1982-92). El departamento con mayor producción es La Paz, seguido por Oruro y después Potosí. La producción en Chuquisaca y Cochabamba es insignificante. La cifra más alta de aumento de la producción se observa en el departamento de Potosí, donde creció de 2 a 5 toneladas. Esto se explica porque la provincia de Nor Lipez exporta cantidades apreciables.

La tasa de crecimiento de la superficie sembrada total en el país en la década 70-80 fue de 2.52%, ligeramente superior a la tasa de crecimiento de la población boliviana. En cambio en la década 80-90 fue de 9.46%, bastante superior. El consumo se está incrementando en la población urbana lo mismo que las exportaciones por el alto valor nutritivo de este grano.

**Cuadro 3. Resultados comparativos de pollos (New Hampshire) alimentados con quinua y un grupo testigo.**

|                                    | I<br>Testigo leche | II<br>Quinua dulce<br>(60%) | III<br>Quinua dulce<br>(30%) | IV<br>Quinua amarga<br>(30%) |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| <b>Raciones (%)</b>                |                    |                             |                              |                              |
| Cebada                             | 20                 | —                           | 20                           | 20                           |
| Maíz                               | 20                 | 9                           | 17                           | 17                           |
| Harina de pescado                  | 20                 | 20                          | 21                           | 21                           |
| Levaból                            | 10                 | 11                          | 12                           | 12                           |
| Afrechillo de trigo                | 20                 | —                           | —                            | —                            |
| Leche en polvo                     | 10                 | —                           | —                            | —                            |
| Quinua                             | —                  | —                           | 30                           | 30                           |
| <b>Total</b>                       | 100                | 100                         | 100                          | 100                          |
| Proteína cruda calculada           | 25                 | 25                          | 25                           | 25                           |
| Proteína cruda analizada           | —                  | 20                          | 19                           | 20                           |
| <b>Resultados</b>                  |                    |                             |                              |                              |
| Número inicial de pollos           | 13                 | 12                          | 13                           | 12                           |
| Días de experimento                | 60                 | 60                          | 60                           | 60                           |
| Ganancia de peso (g/día)           | 375                | 427                         | 621                          | 489                          |
| Incremento de peso<br>diario/pollo |                    |                             |                              |                              |
| Observado                          | 6.25               | 7.00                        | 10.4                         | 8.15                         |
| Esperado                           | 12.00              | 12.00                       | 12.00                        | 12.00                        |
| Pollos muertos                     | 0                  | 3                           | 0                            | 5                            |

# El Maíz en Bolivia

Gonzalo Ávila L.

## Importancia Económica

El maíz en Bolivia constituye la especie más cultivada y también la más difundida; su área de cultivo comprende un amplio rango altitudinal desde los 200 metros hasta más de los 3,500 metros de altura. De un modo general, la producción lograda en alturas superiores a los 1,800 metros está destinada principalmente al consumo humano y por consiguiente los tipos de maíz cultivados en las zonas altas presentan un amplio rango de variación en textura color y tamaño de los granos, mientras que los maíces producidos a menos de 1,700 metros de altura, en las zonas subtropicales y tropicales, son principalmente destinados a la elaboración de concentrados para la alimentación animal, aunque también en las áreas tropicales, en pequeñas superficies, se cultivan variedades destinadas al consumo humano directo.

Los maíces andinos o de zonas altas constituyen cerca del 46% de la superficie y 41% de la producción nacional. La importancia social de la maicicultura andina es muy grande si se considera que cerca a 100,000 familias se ocupan del cultivo directo de esta especie y un número no precisado pero también grande se beneficia con la comercialización y transformación casera en subproductos de consumo humano. La tecnología de cultivo en estas zonas es la tradicional, con escaso uso de variedades mejoradas y la mecanización está principalmente circunscrita a la roturación del suelo; las otras labores culturales son principalmente manuales.

En las zonas tropicales y subtropicales se cultiva el 54% de la superficie maícera nacional y se obtiene el 59% de la producción. La tecnología empleada tiene una enorme variación, desde el cultivo completamente mecanizado en predios medianos a grandes (de 100 a 6,000 hectáreas) hasta los cultivos de subsistencia con labores enteramente manuales en predios menores de una hectárea.

Los tipos de maíz que más se siembran en el país y su porcentaje aproximado se presentan en el Cuadro 1. Allí se puede observar que los maíces semidentados y semivítreos amarillos producidos en las zonas tropicales son los más comunes, seguidos de los maíces morochos (amarillos semiduros) y los blandos harinosos, ambos producidos en las zonas andinas.

El Cuadro 2 presenta el área, la producción, productividad y el consumo per cápita de maíz en América; resalta el bajo nivel de productividad de la zona andina así como el incipiente consumo per cápita. Sin embargo, es necesario anotar que en algunos países de América Central y del Sur, como México, Guatemala, Venezuela y Colombia maíz substituye en gran medida al trigo en tortillas y arepas. También es importante mencionar que en los Estados Unidos de Norte América y en los países del Cono Sur el consumo es elevado por el uso industrial y de transformación en carne que se le da al maíz.

**Cuadro 1.** Porcentaje de siembra de los diferentes tipos de maíz en Bolivia.

| <b>Tipos</b>   | <b>Aproximación (%)</b> |
|--|-------------------------|
| Amarillo semidentado tropical (Cubano, Suwan)            | 58                      |
| Amarillo semiduro (Morochu, Kellu)                       | 18                      |
| Blanco harinoso (Hualtaco, Chuncula)                     | 9                       |
| Blanco semiduro (Perla, Uchulla, Aperlado)               | 6                       |
| Marrón semidentado (Huillcapuro, Patillo)                | 2                       |
| Gris y jaspeado harinoso (Checchi, Janka Sara)           | 2                       |
| Blandos tropicales (Coroico, Canario, Bayo)              | 2                       |
| Negro (Kulli)  | 2                       |
| Tipos especiales (reventadores, dulces y de gran altura) | 1                       |

Fuente: G. Ávila L. (1989).

**Cuadro 2.** Producción, productividad y consumo de maíz en América.

|                             | <b>Región andina</b> | <b>América del Sur (Cono Sur)</b> | <b>América Central</b> | <b>América del Norte (EE.UU.)</b> |
|-----------------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Área (000 ha)               | 2,398                | 14,472                            | 8.886                  | 27,046                            |
| Producción (000 t)          | 3,928                | 1,202                             | 16.144                 | 149,177                           |
| Productividad (t/ha)        | 1.6                  | 2.2                               | 1.8                    | 7.2                               |
| Importación ( t)            | 616                  | —                                 | 616                    | —                                 |
| Consumo per cápita (kg/año) | 49                   | 149                               | 49                     | 488                               |

Fuente: CIMMYT, Informe Anual 1992.

En Bolivia la producción de maíz está a nivel promedio en relación con la región tanto en el nivel de productividad como en el nivel de consumo per cápita.

En los últimos 20 años, tal como se muestra en el Cuadro 3, se ha podido apreciar un incremento en el nivel de productividad que, pese a la inestabilidad del rendimiento por efecto de los años, es el resultado de la aplicación de una tecnología más desarrollada, especialmente por el uso de variedades mejoradas, cambio que ha permitido incrementar de manera más o menos sostenida el nivel de productividad.

El país en general ha sido tradicionalmente autosuficiente para los requerimientos de maíz, excepto algunos años con pequeños déficits o sobreproducciones que han obligado a pequeñas importaciones.

**Cuadro 3. Superficie, producción y productividad del maíz en Bolivia.**

| <b>Año</b> | <b>Superficie (ha)</b> | <b>Producción (t)</b> | <b>Rendimiento (kg/ha)</b> |
|------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1972       | 214                    | 268                   | 1.2                        |
| 1973       | 215                    | 276                   | 1.3                        |
| 1974       | 219                    | 280                   | 1.3                        |
| 1975       | 230                    | 305                   | 1.3                        |
| 1976       | 221                    | 338                   | 1.5                        |
| 1977       | 241                    | 305                   | 1.3                        |
| 1978       | 259                    | 337                   | 1.3                        |
| 1979       | 278                    | 378                   | 1.4                        |
| 1980       | 293                    | 383                   | 1.3                        |
| 1981       | 313                    | 504                   | 1.6                        |
| 1982       | 286                    | 450                   | 1.6                        |
| 1983       | 261                    | 337                   | 1.3                        |
| 1984       | 322                    | 489                   | 1.5                        |
| 1985       | 349                    | 554                   | 1.6                        |
| 1986       | 294                    | 457                   | 1.5                        |
| 1987       | 302                    | 481                   | 1.6                        |
| 1988       | 293                    | 446                   | 1.5                        |
| 1989       | 279                    | 400                   | 1.4                        |
| 1990       | 256                    | 407                   | 1.6                        |
| 1991       | 273                    | 510                   | 1.9                        |

Fuente: Ministerio de Agricultura y Asuntos Campesinos de Bolivia.

### **Origen, Domesticación e Importancia Histórica del Maíz en Bolivia**

El maíz, antes de su domesticación, había sufrido un largo proceso de diferenciación al estado silvestre, influenciado por los variados ambientes ecológicos en que habitaba. De otro modo no habría domesticación de una especie con tan amplia capacidad adaptativa, capaz de crecer desde el nivel del mar hasta las orillas del lago Titicaca a 3,700 metros de altura y desde los cero grados de latitud, donde no se diferencia el largo del día entre el verano y el invierno, hasta los 48° de latitud, donde durante el verano se tienen días con 15 horas de luz y 9 de oscuridad, considerando que esta especie es altamente foto y termosensible, es decir que siente enormemente de las diferencias del largo del día y la noche. De hecho, las variedades provenientes de zonas con días cortos (tropicales) no se adaptan en zonas con días largos (templados) o viceversa, así como las variedades de zonas tropicales no se adaptan a las zonas frías o de gran altura y

viceversa. Estas razones hacen suponer que la domesticación fue obra de varios pueblos en zonas ecológicas también diferentes.

Los hallazgos arqueológicos de Mangelsdorf et al., (1969) en cuevas ubicadas en México, nos permiten formarnos una idea de los maíces primitivos. Estos tenían una mazorca de menos de 3 centímetros de largo, con 36 a 72 semillas (actualmente tienen entre 160 y 1,000) dispuestas en 4 a 8 hileras (actualmente tiene de 8 a 30 hileras) y estaban cubiertas por dos brácteas ("chalas" de la mazorca) muy cortas.

La selección realizada por el hombre no sólo permitió un incremento en el tamaño de las mazorcas, el número de hileras de granos, el tamaño y número de los granos, sino que también incrementó la cantidad de brácteas que cubren la mazorca, con objeto de protegerla del ataque de los pájaros, además de darle una fuerte consistencia a la raquilla que une los granos al raquis. De este modo, los granos al llegar a la madurez no se desprenden como lo hacían cuando el maíz era silvestre, llegando a un grado de domesticación total; es decir, esta especie no puede subsistir sin la intervención del hombre. Esta situación trajo como consecuencia la desaparición de los maíces silvestres, debido a que el polen de los cultivados, llevado por el viento, cruzó continuamente a los silvestres y éstos, al adquirir las características anteriormente descritas de los cultivados, no pudieron subsistir por sí solos.

La desaparición de los maíces silvestres trajo una polémica que ya dura varias décadas sobre el lugar de origen del maíz. Para algunos investigadores, basados en la presencia de los maíces tunicados, su zona de origen sería la zona chaqueña de Bolivia-Paraguay; para otros los valles templados de los Andes centrales apoyados por los hallazgos arqueológicos en diferentes zonas del Perú, Bolivia, norte de Chile y norte de Argentina y de los maíces precerámicos encontrados en Huarney descritos por Grobman y Bonvia (1978). Pero, para la mayoría, el centro de origen estaría en México, apoyados principalmente por las pequeñas diferencias genéticas entre el maíz y sus parientes silvestres cercanos como el teosinte (*Zea mexicana*) y otras especies que habitan esta zona (Beadle, 1980).

Sea cual fuere la zona de origen, lo evidente es que esta especie se cultiva en los Andes centrales desde hace más de 3,000 años y las evidencias arqueológicas y biológicas sobre los estudios de diversificación y evolución muestran que esta especie ha sufrido grandes modificaciones en el Perú y Bolivia y a la vez ha sido la causa de profundas transformaciones sociales y culturales en los pueblos de estas zonas.

La tendencia y el abandono del período migratorio basado en la caza, la pesca y la recolección de frutos silvestres, hacia una fase semisedentaria (Horkenheimer, 1973), habría sido el resultado de la domesticación de especies que precedieron la domesticación del maíz, como los zapallos, especialmente *Cucurbita maxima*, la achira (*Canna edulis*), el frijol y algunos ajíes. Sin embargo, razones de sobra nos llevan a



pensar que el pasaje a una fase totalmente sedentaria habría sido el resultado de la domesticación de especies altamente productivas como la papa y el maíz.

No es posible considerar la domesticación del maíz sin pensar en la adopción de mecanismos que facilitaron la posibilidad de mantener, por una parte, la amplia diversidad genética que había alcanzado, y por otra, el estado de heterozigosis necesario para mantener y aumentar el nivel de productividad. Estas circunstancias especiales se habrían visto favorecidas por las condiciones geográficas del medio, conformado por pequeños valles aislados por enorme cadenas de montañas, que habría facilitado el aislamiento y por consiguiente la posibilidad de seleccionar recombinantes útiles. Con el intercambio, cada cierto tiempo, entre las diferentes zonas donde coexistían asentamientos humanos que habían adoptado patrones selectivos no siempre concordantes entre ellos, se originaron nuevas combinaciones útiles y vigor híbrido o heterosis al cruzarse las poblaciones divergentes.

La continua selección practicada por el hombre en las diversas zonas, complementada con la selección natural que permitía la reproducción diferencial de las plantas mejor adaptadas a cada medio, dio como consecuencia, primero la formación de variedades, luego la formación de razas y finalmente complejos raciales altamente diferenciados. Los patrones selectivos muchas veces podían ser coincidentes entre los diferentes pueblos, como por ejemplo el aumento del nivel de productividad, aunque los sistemas para conseguir ese aumento eran diferentes.

En Bolivia los pueblos de los llanos tropicales aumentaron el nivel de productividad al aumentar el tamaño de la mazorca y el número de granos sobre la superficie del raquis mediante la selección de tipos con granos en posición entrabada, característica típica de los maíces tropicales de Bolivia. En cambio en las zonas altas del país se consiguió el incremento de la productividad aumentando el tamaño de la mazorca y el tamaño de los granos. En otras latitudes se aumentó la productividad aumentando el número de hileras y la profundidad del grano.

La capacidad adaptativa a los diferentes medios se habría mejorado por la introgresión de otras especies afines como el *Tripsacum*; el maíz, al cruzarse y retrocruzarse reiteradamente con este pasto silvestre, distribuido tanto en México y América Central como en América del Sur, habría podido mejorar la capacidad de adaptación de este último a zonas tropicales, sin modificar otras características útiles (Reeves y Mangelsdoff, 1959).

En Bolivia según un estudio realizado por Rodríguez Ávila (1964) la introgresión con *Tripsacum* no sólo habría contribuido a su adaptación a las zonas de los llanos sino también a conferirle resistencia a algunas enfermedades.

La selección permitió una diferenciación del tipo de almidón, en pasajes sucesivos, por medio del aislamiento de mutantes; originalmente el maíz presentaba

granos muy duros, similares a los maíces reventadores. A partir de ellos se seleccionaron tipos con granos menos duros, pasando a las formas vítreas y dentadas, y posteriormente a los de granos harinosos o suaves y a los azucarados como los "chuspillos", permitiendo de este modo un uso más especializado para cada tipo de maíz. En las zonas templadas del país crecen variedades para cada uso culinario, caracterizadas por la diferente dureza del grano, el tipo de almidón, el color, etc. Esta diversificación en el uso también se dio en las zonas tropicales, aunque con menor refinamiento; en estas zonas crecen variedades apropiadas para la fabricación de refrescos como el zomoó y la chicha, para el molido y elaboración de masitas o para el tostado reventado. Sin embargo, es necesario considerar que no sólo la dureza del endospermo determina el destino preferencial de una variedad sino también el tamaño, el color y la composición química que, en última instancia, confiere el sabor y el aspecto externo.

Los maíces bolivianos, según Ávila y Brandolini (1990), habrían tenido la siguiente secuencia evolutiva:

1. Las primeras formas domésticas tenían mazorcas de menos de 4 centímetros, con cuatro a ocho hileras de granos muy duros y pequeños.
2. Se incrementó el número de hileras en la mazorca por fasciación, originándose formas muy parecidas a algunos maíces Psisanckallas primitivos que todavía se encuentran hoy en día.
3. Se alcanzó una diversificación y especialización cualitativa y cuantitativa dentro el maíz de ocho hileras y se formaron:
  - a) Maíces con granos redondeados muy duros de ocho hileras, similares a la actual raza Karapampa originaria de Chuquisaca.
  - b) Maíces con granos medianos y puntiagudos similares a la raza Morochillo distribuida en los valles del sur del país.
  - c) Maíces de grano mediano a grande, redondeado, de ciclo precoz a semiprecoz, similares a las razas Morocho, Aysuma y Ckello distribuidas en todos los valles del país.
  - d) Maíces dentados de granos medianos a grandes, similares a la raza Aperlado de los valles de Tarija.
  - e) Maíces amiláceos de ocho hileras, similares a muchas razas del Complejo Valle.
4. Fasciación con el aumento del número de hileras y tamaño de la mazorca que dio lugar a:
  - a) Maíces fasciados con alto número de hileras, de granos muy pequeños y duros similares a los Pisankallas, Pororó y Purito.
  - b) Maíces con granos de tamaño grande y harinoso como los de las razas Kajbia y Hualtaco.

- c) Disposición entrabada de la semilla, con un mejor uso de la superficie del marlo, similar a las razas Bayo, Canario, Blando y Duro amazónico.
  - d) Selección para llenar exigencias de consumo, mágicas y estéticas, con colores, formas y texturas especiales como en las razas Checchi, Kulli, Huillcaparu, Chuspillo, Paca Sara o tunicado, etc.
5. Formación de razas modernas por medio de la comunicación contemporánea.

Iniciando el proceso de domesticación, los maíces primitivos producían no más de 20 gramos de grano por metro cuadrado de superficie cultivada, productividad que no alcanzaba a cubrir las necesidades alimentarias de una familia, considerando que esa familia, con los sistemas de cultivos desarrollados, no podía cultivar más de 4,000 metros cuadrados. Por consiguiente, la agricultura no podía cubrir por sí sola los requerimientos alimentarios de la población que seguía dependiendo de la caza, la pesca y la recolección de frutos y semillas.

El desarrollo de variedades con mayor nivel de productividad trajo como consecuencia que la actividad preponderante en las sociedades americanas pasara de la caza y la recolección a la agricultura. A este cambio contribuyeron mayormente dos especies con mayor capacidad de producir alimentos por unidad de superficie. Por ejemplo, el maíz posiblemente alcanzó niveles de productividad de 130 gramos de granos por metro cuadrado y las familias ya podían cultivar más de 5,000 metros cuadrados con los aperos agrícolas desarrollados; de este modo se generaron sobrantes alimenticios que podían ser absorbidos por sectores sociales que no trabajan en la agricultura como los gobernantes o nobleza, el clero, los guerreros, los artistas y artesanos. Esto dio lugar al desarrollo cultural de los pueblos prehispánicos en Bolivia y en el resto de América y estuvo íntimamente asociado a la evolución del cultivo de maíz y de la papa.

Ningún cultivo desarrollado en América prehispánica, y quizás en el mundo, es capaz de producir la cantidad de nutrientes digestibles totales por unidad de superficie que produce el maíz. Aparentemente algunos otros cultivos como la papa pueden producir mucho más alimentos por metro cuadrado, pero esta especie tiene tubérculos con más del 78% de agua, mientras que los granos de maíz sólo llegan al 12%. En consecuencia, una producción de 1,500 kg de grano en una hectárea, que es frecuente en el país, corresponderá a unos 1,320 kg de materia seca, formada por cerca de 120 kg de proteína, 54 kg de aceites y cerca de 915 kg de almidones de muy alta digestibilidad y alto valor energético.

Es muy difícil y quizás imposible concebir la idea de que el hombre americano habría podido llegar al nivel cultural que alcanzó, antes de la llegada de los españoles, sin el aporte del maíz. Si no se hubieran generado sobrantes alimenticios una familia habría trabajado sólo para alcanzar su sustento y no habría tenido lugar la división del

trabajo y, por consiguiente, no se habrían formado las clases sociales que conforman un pueblo civilizado.

Una pregunta que podríamos formularnos es porqué esta especie es capaz de producir hasta 10,000 kg de grano por hectárea, como actualmente se consigue en algunas regiones del mundo. Son muchas las probables respuestas que podríamos generar, sin embargo, quizás la más importante está en el hecho que este cultivo tiene un sistema fotosintético muy especial, que se caracteriza porque no tiene un proceso respiratorio. Es conocido el hecho de que la biosíntesis de la primera molécula orgánica se produce mediante un proceso de fotosíntesis gracias a la participación de la clorofila o pigmento verde de las plantas. En este proceso se absorbe el carbono de la atmósfera y el agua del suelo que con la energía de la luz se sintetizan en azúcar, con liberación de oxígeno; el proceso respiratorio es justamente a la inversa, es decir se absorbe oxígeno y se elimina anhídrido carbónico que proviene de la degradación del azúcar sintetizada y que constituye el primer paso para la biosíntesis de todos los otros compuestos químicos de plantas y animales.

Las anteriores características, más los aspectos genéticos inherentes a la propia especie, permitieron a nuestros antepasados americanos seleccionar verdaderos "monstruos" biológicos, con mazorcas y cantidades de granos que superaron en más de 10 veces el tamaño y el número de granos de las mazorcas primitivas y que actualmente permiten producir, para beneficio del hombre, hasta 14,000 kg de granos por hectárea.

En Bolivia se cultivan 31 razas de maíz (Ávila y Brandoline, 1990) agrupadas en siete complejos raciales, los cuales son el producto de un proceso de selección artificial practicada por el hombre y un proceso de selección natural, principalmente encaminado a una mejor adaptabilidad a su medio.

## **Valor Nutricional del Maíz**

El maíz constituye un alimento netamente energético que produce cerca de 3.78 calorías por gramo y contiene alrededor del 70% de carbohidratos de alta digestibilidad (95%), el 3.9% corresponde al extracto etéreo, el 1.2% de cenizas, con 23 mg de calcio y 256 mg de fósforo; las proteínas en nuestras variedades fluctúan entre el 7.5% y el 13%, de acuerdo con las variedades y las zonas donde se produce. Esta proteína es pobre en algunos aminoácidos esenciales como lisina y triptofano, que le dan escaso valor biológico.

El porcentaje de nitrógeno absorbido en los maíces normales es de aproximadamente 80%, mientras que el nitrógeno retenido es del 0%, es decir que este nitrógeno absorbido es eliminado por vía fecal y urinaria por el hombre.

Castellón (1984) observó que las ratas albinas recién destetadas crecían lentamente cuando su única fuente de proteína era la de una variedad local de maíz y el

rango de eficiencia proteínica (PER) estaba entre el 2.0 y el 2.9. El PER constituye la relación entre el incremento en peso (por gramo) de proteína consumida.

Sin embargo, la calidad biológica deficiente de la proteína de maíz se convierte en eficiente cuando el maíz se consume junto con un alimento rico en los dos aminoácidos faltantes como los granos de las leguminosas. En México y América Central es muy frecuente el consumo de tortillas de maíz conjuntamente con el frijol, lo que hace que el valor biológico de la proteína de ambas especies mejore sustancialmente.

En Bolivia el consumo humano de maíz todavía es alto en los valles templados. Generalmente se consume acompañado con otros alimentos lo que mejora enormemente el valor biológico de la proteína y permite a los consumidores tener un alimento energético de alto valor.

## Investigación Nacional en Maíz

La investigación en Bolivia es realizada por instituciones estatales y privadas. El Cuadro 4 presenta las siete instituciones que realizan labores de investigación en Bolivia y sus zonas de influencia respectivas.

**Cuadro 4.** Instituciones de investigación en maíz y las zonas de trabajo.

| Institución                    | Estaciones Experimentales    | Zonas de Influencia                       |
|--------------------------------|------------------------------|---|
| IBTA (Prog. Maíz Duro)         | Alcalá, Gran Chaco, Saavedra | Valles del sur, zona Chaqueña,            |
| CIAT                           | Pairumani                    | llanos y valles de Santa Cruz             |
| (Fund. Patiño) Universidad San | La Violeta, La Tamborada,    | Valles y llanos Centrales, Valles         |
| Simón                          | Iboperanda, Vallecito        | Centrales Sub Andina, Dpto. de Chuquisaca |
| CODERCH, Universidad           | La Jota                      | Llanos de Sta. Cruz y Centrales,          |
| Gabriel R. Moreno              |                              | Dpto. De Cochabamba                       |
| IBTA-Chapare                   |                              |   |

Los programas de investigación abarcan los siguientes sectores: mantenimiento de germoplasma, evaluación sistemática del germoplasma, ensayos nacionales e internacionales con base en las variedades élite, ensayos programados por el CIMMYT, mejoramiento genético de poblaciones, mejoramiento por hibridación, selección para tolerancia a la fusariosis y las sequías, mejoramiento de maíces de alta calidad de proteína, pruebas con fertilizantes, niveles de agua y densidades de siembra, y parcelas de comprobación de tecnología en campos de agricultores.

En los últimos 15 años se han liberado más de 15 variedades para las diferentes zonas del país, las cuales se describen en el Cuadro 5.

**Cuadro 5. Principales variedades liberadas durante los últimos 15 años en Bolivia.**

| <b>Variedad</b> | <b>Estación experimental</b> | <b>Zona recomendada</b> | <b>Características morfológicas</b> |
|-----------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| Suwan Saavedra  | Saavedra                     | Trópico                 | Semivítreo naranja                  |
| Chirugano 26    | Saavedra                     | Trópico                 | Semidentado amarillo                |
| IBO 128         | Iboperanda                   | Subtrópico              | Dentado amarillo                    |
| IBO 136         | Iboperanda                   | Subtrópico              | Semidentado amarillo                |
| P. Compuesto-10 | Pairumani                    | Valles templados        | Dentado blanco                      |
| P. Compuesto-18 | Pairumani                    | Valles templados        | Semidentado amarillo                |
| P. Compuesto-19 | Pairumani                    | Zonas altas             | Harinoso blanco                     |
| P. Compuesto-20 | Pairumani                    | Valles templados        | Dentado amarillo                    |
| P. Choclero-2   | Pairumani                    | Valles templados        | Harinoso blanco                     |
| Ancho           | Pairumani                    | Valles templados        | Dentado blanco                      |
| Aycha Sara-5    | Pairumani                    | Valles templados        | QPM blanco                          |
| Aycha Sara-7    | Pairumani                    | Valles templados        | QPM negro                           |
| Aycha Sara-101  | Pairumani                    | Valles y llanos         | QPM blanco                          |
| Híbrido H-101   | Pairumani                    | Trópico                 | Semidentado amarillo                |
| Tuxpeño opaco   | Vallecito, Pairumani         | Trópico                 | QPM blanco                          |
| Pool 12         | La Violeta                   | Valles templados        | Dentado blanco                      |

QPM = quality protein maize.

Fuente: Encuesta directa e informes anuales.

Pese a los grandes avances logrados desde el año 1981 en el sector de la producción de semilla, todavía no se ha alcanzado una superficie considerable cubierta con semilla certificada. Sin embargo, con base en las recientes inversiones en este campo, se pueden esperar importantes logros para los próximos años. En el Cuadro 6 se presentan las cantidades de semilla producida tanto para el área tropical como para las zonas altas del país.

En la zona andina los agricultores acostumbran usar y reusar la semilla por unas cuatro o cinco generaciones; de ahí que el grado de difusión de algunas variedades con poca producción de semilla certificada sea realmente notable. Este es el caso de las variedades Ancho, Pairumani Compuesto-18, Pairumani Compuesto-20, Choclero-2, Pairumani Compuesto-10 y Pool 12.

**Cuadro 6. Producción e importación de semilla fiscalizada.**

| <b>Año</b> | <b>Zona<br/>tropical<br/>(t)</b> | <b>Zona<br/>andina<br/>(t)</b> | <b>Importación<br/>(t)</b> | <b>Total<br/>(t)</b> | <b>Area sembrada con<br/>semilla certificada<br/>(%)</b> |
|------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------|--|
| 1981       | 80                               | --                             | --                         | 80                   | 1.2  |
| 1982       | 100                              | --                             | --                         | 100                  | 1.7  |
| 1983       | 199                              | 6                              | 176                        | 381                  | 7.3  |
| 1984       | 185                              | 9                              | 207                        | 401                  | 6.2  |
| 1985       | 297                              | 12                             | 55                         | 364                  | 5.2  |
| 1986       | 400                              | 11                             | 175                        | 586                  | 10.0   |
| 1987       | 657                              | 12                             | 261                        | 930                  | 15.4   |
| 1988       | 531                              | 12                             | 168                        | 711                  | 12.1   |
| 1989       | 603                              | 41                             | 109                        | 753                  | 13.5   |
| 1990       | 490                              | 40                             | 90                         | 620                  | 12.1   |
| 1991       | 820                              | 50                             | 105                        | 1,035                | 18.8   |
| 1992       | 792                              | 95                             | 369                        | 1,256                | 21.6   |

Fuente: Consejos Regionales de Semillas.

En los últimos 20 años el nivel medio de productividad ha crecido de 1,200 kg/ha a 1,800 kg/ha. Este incremento es el reflejo más directo del impacto de la investigación, el cual se puede cuantificar si se considera que en el país se cultivan cerca de 280,000 hectáreas de maíz; el incremento anual alcanza 168,000 toneladas, con un valor superior a los US\$20,000,000 anuales, si se compara el presupuesto anual de la investigación en maíz que es de US\$532,900, se puede concluir que la inversión en la investigación con el maíz en Bolivia fue altamente rentable.

Por otro lado, el maíz para ensilado producido en el valle de Cochabamba, que proviene de las variedades mejoradas de Pairumani y la Violeta, produjo un notable incremento en la producción de leche durante la década de los setenta; en efecto, antes de la adopción de la técnica del ensilado, la producción lechera en el valle de Cochabamba, durante el período seco, que coincide con el invierno y la primavera, disminuirá aproximadamente entre 30% y 60% durante 5 meses. Con la adopción de la técnica de ensilar maíz en otoño, la incorporación de concentrados alimenticios, durante los últimos años las entregas de leche a la Planta Industrializadora de Leche (PIL) apenas disminuyen entre un 5 y 10% con relación a los meses de mayor producción. Si se considera que la entrega diaria a la PIL es de unos 130,000 litros de leche, una estimación del valor de incremento de la producción lechera anual es de cerca de US\$2,000,000.

## **Perspectivas y Metas**

El crecimiento de la producción maicera en Bolivia durante los últimos 30 años ha sido paralelo al crecimiento de la demanda interna, regulado por la libre fluctuación del

precio; en algunos años de sobreproducción el precio se mantiene bajo y al siguiente año disminuye la superficie sembrada o viceversa. Este equilibrio, como se describió anteriormente, ha sido estabilizado mediante importaciones o exportaciones pequeñas, que no superan al 5% de la producción nacional. Por otra parte, los costos de transporte a los puertos más cercanos son muy altos en el país, por lo que ha sido posible una ampliación del área cultivada con esta especie.

En ciertas zonas del país, como en el área de expansión del departamento de Santa Cruz, se prevé un importante desarrollo de la maicicultura en los próximos años, resultado de una mejora en las vías de comunicación y fletes menos costosos hacia los puertos del Pacífico, como consecuencia de la construcción de carreteras asfaltadas que podrían incluirse en los próximos 5 años. Sin embargo, es probable que en el próximo quinquenio el crecimiento productivo nacional todavía esté íntimamente asociado al crecimiento de la demanda interna, algo más dinámica que en el pasado, como consecuencia de una reciente apertura de la exportación de carne de pollo.

Las perspectivas para la producción maicera de consumo humano que proviene de la zona andina, quedarán como hasta ahora, íntimamente asociadas al desarrollo del mercado interno, puesto que este tipo de maíz es altamente específico para cubrir los requerimientos del mercado nacional, con limitadas posibilidades de exportación o de importación.

El nivel de productividad posiblemente mantendrá su actual tendencia, como resultado del mayor uso de semilla de híbridos y variedades mejoradas. La investigación, hasta ahora concentrada en la selección de genotipos superiores, posiblemente tendrá que invertir cada día mayor cantidad de recursos en la disminución de los costos del cultivo y en el mantenimiento del nivel de fertilidad de los suelos, principalmente de las zonas tropicales.

En años recientes se ha impulsado la instalación de silos en las zonas de mayor producción de Santa Cruz y de mayor consumo en Cochabamba; sin embargo, ante la necesidad de embarcar en los puertos del Pacífico, en los próximos años se tendrán que implementar depósitos adecuados en Arica e Ilo, que posiblemente serán construidos con capitales mixtos chileno-bolivianos o peruano-bolivianos, como requisito previo a la posibilidad de exportar maíz boliviano.



## **Bibliografía**

- Ávila, G.** 1989. La situación del cultivo de maíz en Bolivia. *Revista de Agricultura*, UMSS 46(4):2-8.
- Ávila, G. y A. Brandolini.** 1990. I Maíz Boliviani. Documenti per la cooperazione allo sviluppo. IAO. Firenze, Italia.
- Beadle, G. W.** 1980. The acentry of corn. *Scientific American* 242 (1):96-103.
- Castellon, S.** 1984. Valor biológico de la proteína del maíz normal y opaco-2 y del tarwi y sus mezclas. Tesis de grado Biología, Fac. de Cienc. y Tecnología, UMSS.
- CIMMYT.** 1992. World Facts and Trends 1992-1993: Maize Research Investment and Impacts in Developing Countries. México, D.F.
- Grobman, A. y D. Bonavia.** 1978. Pre-ceramic maize on the North and Central Coast of Peru. *Nature* 276(5686):386-387.
- Horkheimer, H.** 1973. Alimentación y obtención de alimentos en el Perú prehispánico, Publicación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Informes Estadísticos 1972-1991.** Ministerio de Agricultura y Asuntos Campesinos.
- Mangelsdorf P.R, R.S. Mc Neisch y W.C. Galinat.** 1969. Archaeological evidence on the diffusion and evoluton of maize in Northeastern Mexico. *Bot. Mus. Leaflet* Harvard University, Cambridge, Mass. 12(2):33-75.
- Reeves, R.G. y P.R. Mangelsdorf.** 1959. The origin of corn. IV: A critique of correct theories. *Bot. Mus. of Harvard University*, Cambridge, Mass.
- Rodríguez, A. y G. Avila.** 1964. *Tripsacum*, factor de variabilidad genética en maíces bolivianos. *Est. Exp. La Tamborada*, U.M.S.S. Pub. Tec. No. 1.

