



La agricultura boliviana del siglo XXI: la experiencia de la quinua/
Corrección de textos, Marcelo Paz Soldán y Adriana Abrego Sivila;
autores Giselle Calvo Cárdenas ... [et al.]; Prólogos de Francisco J
Mayorga y César Villagómez Villarroel. – Cochabamba : UPB/PROINPA,
2024.

532 p.: il.; 21 x 14 cm (La agricultura boliviana del siglo XXI: la experiencia
de la quinua)

ISBN 978-99974-20-63-3. - D.L. 2-1-3315-2023.

1. Quinoa-Aspectos socioeconómicos-Bolivia. 2. Quinoa-Producción.
I. Paz Soldán, Marcelo, ed. II. Abrego Sivila, Adriana, ed. III. UPB/
PROINPA (Cochabamba). IV. Calvo Cárdenas, Giselle, aut. V. Serie.
CDD: 633.1



La agricultura boliviana del siglo XXI: la experiencia de la quinua.
Primera edición.

© 2024 Universidad Privada Boliviana,
Ediciones UPB, Cochabamba, mayo de 2024

Universidad Privada Boliviana / La agricultura boliviana del siglo XXI:
la experiencia de la quinua. Cochabamba: Ediciones UPB, 2024. 532 p.

Depósito Legal: 2-1-3315-2023
ISBN: 978-99974-20-63-3

© Universidad Privada Boliviana (UPB)
Campus Julio León Prado
Avenida Juan Pablo II
Colcapirhua, Cochabamba, Bolivia

© 2024 por la Universidad Privada Boliviana (UPB). Todos los derechos reservados bajo las convenciones internacionales de derechos de autor. Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni registrada ni transmitida por un sistema de almacenamiento o recuperación de información en ninguna forma, ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o cualquier otro, excepto en citas cortas para reseñas o citas bibliográficas, sin permiso escrito de la UPB.

Rector de la UPB: Francisco J Mayorga, Ph.D.
Presidente del Directorio de la Fundación PROINPA: César Villagómez Villarroel, Ph.D(c).
Cuidado de la edición: Marcelo Paz Soldán y Adriana Abrego Sivila
Diagramación: Valentina López
Diseño de cubierta: Isabel Rocío Avilés Jiménez
Desarrollo de contenido virtual, aplicación de realidad aumentada e imágenes 360°: Christian Chilo Herbas.

Impreso en Bolivia
2024



CONTENIDO

Agradecimientos	1
Prólogo	3
Presentación	5
Guía de lectura	9
1. CONTEXTO GENERAL DE LA QUINUA EN BOLIVIA	15
1.1. Superficie, producción y rendimiento	16
1.2. Sistemas de producción de quinua en Bolivia por ecosistemas	28
1.3. Proyecciones de superficie cultivada, producción y rendimiento de quinua	38
1.4. Determinantes de la productividad de quinua orgánica	39
1.5. Consumo de quinua en Bolivia	43
1.6. Discusión y conclusiones	48
1.7. Referencias bibliográficas	50
2. ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA QUINUA	53
2.1. Origen, distribución, taxonomía y morfología de la quinua	54

2.1.1. Origen de la quinua	55
2.1.2. Características agronómicas y de adaptación	56
2.1.3. Ciclo del cultivo y etapas fenológicas	58
2.1.3.1. Ciclo de cultivo	58
2.1.3.2. Fases fenológicas	59
2.1.4. Diversidad genética de la quinua.....	64
2.1.4.1. Bancos y colecciones de germoplasma de quinua en la región Andina.....	67
2.1.4.2. Bancos y colecciones de germoplasma de quinua en Bolivia.....	67
2.1.4.3. Historia y evolución de la colección nacional de germoplasma de quinua de Bolivia.....	68
2.2. Factores limitantes de la producción de quinua (bióticos y abióticos).....	73
2.2.1. Manejo de plagas de la quinua.....	73
2.2.1.1. “Ticona” de la quinua.....	73
2.2.1.2. Polilla de la quinua.....	76
2.2.1.3. <i>Damping off</i>	79
2.2.1.4. Mildiu de la quinua.....	81
2.2.2. Factores abióticos limitantes en el cultivo de quinua... 83	
2.2.3. Factores abióticos adversos.....	83
2.2.3.1. Sequía.....	83
2.2.3.2. Heladas.....	85
2.2.3.3. Salinidad.....	87
2.3. Discusión y conclusiones.....	89
2.4. Referencias bibliográficas.....	89
3. MANEJO AGRÍCOLA TRADICIONAL, CONVENCIONAL E INNOVACIONES ORIENTADAS HACIA LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE LA QUINUA	95
3.1. El manejo tradicional del cultivo de quinua (saber local).....	96
3.1.1. Sistema de rotación de cultivos.....	97

3.1.2. Preparación del suelo.....	98
3.1.3. Siembra.....	99
3.1.4. Época de siembra.....	100
3.1.5. Uso de variedades.....	100
3.1.6. Labores culturales.....	101
3.1.7. Cosecha.....	101
3.1.8. La trilla y venteo.....	102
3.2. Situación actual de producción de quinua en el altiplano sur.....	102
3.3. Nuevos enfoques en la producción de quinua en Bolivia: intensificación agroecológica y agricultura regenerativa.....	104
3.3.1. Bioinsumos agrícolas.....	105
3.3.2. Dónde se pueden utilizar los bioinsumos.....	106
3.3.3. Dónde se encuentran los microorganismos.....	107
3.3.4. Los microorganismos y su uso potencial en el cultivo de quinua.....	110
3.3.5. Microorganismos del intersalar boliviano con alto potencial de uso.....	111
3.3.5.1. Bacterias nativas fijadoras de nitrógeno en el cultivo de la quinua.....	111
3.3.5.2. Bacterias nativas solubilizadoras de fosfato en el cultivo de quinua.....	112
3.3.5.3. Síntesis de fitohormonas a partir de bacterias promotoras del crecimiento para la producción sostenible del cultivo de quinua.....	113
3.3.5.4. Efecto antagonico de las bacterias nativas contra fitopatógenos de suelo en el cultivo de quinua.....	114
3.3.6. Desarrollo tecnológico para la producción de bioinsumos.....	116
3.3.6.1. Producción de bioinsumos en base a la fermentación estática.....	116

3.3.6.2. Producción de bioinsumo en base a la fermentación dinámica.....	117
3.3.7. Control de plagas con predadores, parasitoides y patógenos.....	117
3.3.8. Mejoramiento genético de la quinua en Bolivia.....	119
3.4. Estrategia de manejo del cultivo bajo el enfoque de intensificación agroecológica.....	123
3.4.1. Componentes de la estrategia de manejo del cultivo..	124
3.4.2. Características de los componentes y los productos utilizados en la estrategia.....	126
3.5. Agricultura regenerativa en los agroecosistemas de producción de quinua.....	131
3.5.1. Principios de la agricultura regenerativa.....	132
3.5.2. Técnicas de agricultura regenerativa.....	134
3.5.3. Desarrollo e innovación de prácticas de agricultura regenerativa para contribuir a los agroecosistemas de quinua.....	135
3.5.4. Certificación de agricultura regenerativa.....	146
3.6. Propuesta para la sostenibilidad de la producción de Quinua Real en el altiplano sur de Bolivia (que puede servir para otros cultivos y ecosistemas.....	148
3.7. Referencias bibliográficas.....	155
4. TECNOLOGÍAS DE BENEFICIADO, PRODUCTOS Y DERIVADOS CON VALOR AGREGADO - SUBPRODUCTOS DE LA DESAPONIFICACIÓN Y SUS APLICACIONES EN DIFERENTES INDUSTRIAS.....	163
4.1. Sistemas tradicionales de beneficiado del grano de quinua.....	165
4.2. Tecnologías convencionales de beneficiado del grano de quinua.....	167
4.2.1. Selección preliminar, separación de impurezas y almacenamiento.....	167
4.2.2. Remoción de saponinas.....	169

4.2.2.1. Situación actual de las tecnologías que se están usando en las empresas beneficiadoras de quinua en Bolivia a escala industrial.....	169
4.3. La tecnología seca del lecho surtidor.....	172
4.4. Productos y derivados de la quinua.....	178
4.4.1. Usos tradicionales.....	178
4.4.2. Usos no tradicionales.....	179
4.4.3. Usos innovadores y potenciales.....	180
4.4.3.1. Bebidas fermentadas.....	180
4.4.3.2. Emulsiones <i>Pickering</i>	183
4.5. Subproductos de la quinua y sus derivados.....	187
4.5.1. Saponinas.....	187
4.5.2. Usos en agricultura.....	189
4.5.3. Usos en medicina.....	189
4.5.4. Usos en cosmetología y la industria.....	190
4.6. Discusión y conclusiones.....	191
4.7. Referencias bibliográficas.....	193
5. LA QUINUA COMO TESORO NUTRICIONAL DE LOS ANDES PARA UNA DIETA DIVERSA Y SALUDABLE.....	199
5.1. Breve contexto de la alimentación y la nutrición en la actualidad.....	200
5.2. Las características y propiedades nutricionales de la quinua como aliadas para una buena alimentación....	212
5.2.1. Valor nutricional de la quinua.....	213
5.2.1.1. Grano.....	214
5.2.1.2. Hoja.....	218
5.2.2. Efectos en la salud del consumidor.....	220
5.2.2.1. Beneficios.....	221
5.2.2.2. Desventajas.....	223
5.3. Discusión y conclusiones.....	224
5.4. Referencias bibliográficas.....	224
6. SOSTENIBILIDAD Y PROYECCIONES EN LA CADENA DE VALOR DE LA QUINUA	229

6.1. Importancia de la logística en la cadena de valor de la quinua.....	231
6.2. Cadena de valor.....	237
6.2.1. Planificación de la producción.....	238
6.2.2. Transporte y distribución.....	238
6.2.3. Logística de exportación.....	239
6.3. Tecnologías emergentes.....	242
6.4. La ruta de la quinua.....	244
6.5. Referencias bibliográficas.....	247
7. PRICING Y PERSPECTIVAS DEL PRECIO DE LA QUINUA.....	251
7.1. Análisis histórico del precio.....	253
7.2. Fundamentos del <i>Pricing</i>	254
7.3. Importancia de la fijación de precios de la quinua.....	256
7.4. Perspectivas del precio de la quinua.....	257
7.5. Modelos de pronóstico del precio de la quinua.....	258
7.6. Discusión y conclusiones.....	262
7.7. Referencias bibliográficas.....	263
8. HERRAMIENTAS DE FINANCIAMIENTO	265
8.1. Financiamiento a través del sistema de intermediación.....	268
8.1.1. Financiamiento para la producción de la quinua a través de créditos productivos.....	268
8.2. Créditos sectoriales para la infraestructura productiva.....	270
8.3. Créditos sectoriales para granos y warrant.....	273
8.4. Financiamiento para la industrialización de productos en base a quinua a través de créditos en Bolivia.....	274
8.5. Fondo de Garantía FOGADIN.....	276
8.6. Financiamiento tipo <i>forfeiting</i> para exportadores de quinua.....	277

8.7. Consideraciones finales sobre el financiamiento a través del sistema de intermediación.....	279
8.8. Financiamiento a través del mercado de valores.....	280
8.8.1. Consideraciones preliminares.....	280
8.9. Antecedentes del financiamiento al sector productivo y agroindustria a través del mercado de valores.....	281
8.9.1. SAFI y Fondos de Inversión.....	281
8.9.2. Financiamiento al sector productivo y agroindustrial...	283
8.10. Requisitos para acceder al mercado de valores en Bolivia.....	284
8.10.1. Registro e inscripción del emisor.....	284
8.10.2. Estructuración y registro de la emisión.....	285
8.10.3. Colocación de los valores.....	286
8.11. Proceso de emisión de valores sin oferta pública en Bolivia.....	287
8.12. Tipos de valores que las empresas pueden emitir en el mercado de valores boliviano.....	289
8.12.1. Acciones.....	289
8.12.2. Pagarés bursátiles.....	290
8.12.3. Bonos.....	290
8.13. Ventajas y desventajas del financiamiento a través del mercado de valores.....	290
8.13.1. Ventajas para la empresa emisora.....	290
8.13.2. Ventajas para los inversionistas.....	291
8.13.3. Desventajas.....	292
8.14. Consideraciones finales sobre el financiamiento a través del mercado de valores.....	293
8.15. Conclusiones.....	294
8.16. Referencias bibliográficas.....	296
9. BOLIVIA EN CADA GRANO: CULTURA, EDUCACIÓN Y PROMOCIÓN PARA SU CONSUMO.....	301
9.1. Tradiciones y prácticas culturales de la quinua.....	302

9.1.1. Antecedentes.....	302
9.1.2. Campaña de comunicación y marketing: “Bolivia en cada grano.....	302
9.1.3. Definición del público objetivo.....	303
9.2. Mensaje.....	303
9.3. Estrategias de marketing y comunicación.....	303
9.3.1. Identidad visual.....	303
9.3.2. Contenido digital.....	304
9.3.3. Medición de resultados.....	304
9.4. Desarrollo de la propuesta de marketing y comunicación.....	304
9.5. Estrategia de posicionamiento.....	309
9.6. Estrategia de <i>branding</i>	310
9.7. Discusión y conclusiones.....	316
9.8. Referencias bibliográficas.....	316
10. MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN DE LA QUINUA..	319
10.1. Indicación de procedencia y Denominación de Origen (DO).....	322
10.2. Las ventajas de la utilización de las Denominaciones de Origen.....	325
10.2.1. Marco legal de las Denominaciones de Origen en Bolivia.....	327
10.2.2. Denominación de Origen en Bolivia. Situación de la Quinua Real.....	329
10.2.3. Reconocimiento internacional de la Denominación de Origen de la Quinua Real del altiplano sur.....	332
10.3. Análisis crítico del Año Internacional de la Quinua Real 2013.....	333
10.4. Comercialización de la Quinua Real: Mercado interno y externo.....	335
10.4.1. Comercialización interna.....	335
10.4.1.1. Marketing interno.....	336
10.4.2. Comercialización externa.....	339
10.4.2.1. Marketing externo.....	342

10.5. Promoción de exportaciones de Quinoa Real.....	343
10.6. Estrategias para la promoción de exportaciones de Quinoa Real.....	346
10.7. Perspectivas de la Quinoa Real en el mercado internacional (estrategias de mercado de nicho.....	349
10.7.1. Medidas no arancelarias en los mercados regionales y mundiales.....	350
10.7.2. La expansión de la demanda por alimentos saludables.....	350
10.8. Usos y formas de consumo.....	351
10.9. Discusión y conclusiones.....	352
10.10. Referencias bibliográficas.....	353

11. COMPORTAMIENTO INTERNACIONAL PARA LA QUINUA BOLIVIANA Y PERUANA 363

11.1. El mercado internacional de la quinoa.....	364
11.2. Exportaciones de quinoa boliviana.....	369
11.3. Exportaciones de quinoa peruana.....	372
11.4. Condiciones de acceso.....	374
11.5. Exportación de quinoa orgánica a Estados Unidos....	376
11.6. Conclusiones.....	380
11.7. Referencias bibliográficas.....	381

CASO DE ESTUDIO I: SIGUIENDO TENDENCIAS GLOBALES: CORONILLA, LA MAYOR INDUSTRIA EXPORTADORA DE DERIVADOS DE QUINUA CON ALTO VALOR AGREGADO..... 383

CASO DE ESTUDIO II: EL ENFOQUE SISTÉMICO CONTRIBUYE A LA PRODUCCIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA AGROALIMENTARIO DE LA QUINUA EN BOLIVIA..... 397

1. Aplicación del enfoque DSMI en el complejo productivo de la quinoa boliviana.....	399
---	-----

2. Resumen de las acciones realizadas por el proyecto Mercados Inclusivos.....	401
2.1. Innovaciones en la producción de quinua para disminuir las pérdidas e incrementar los rendimientos.....	401
2.2. Acciones para incrementar el consumo en el mercado nacional.....	405
2.3. Acciones realizadas para incrementar las exportaciones con valor agregado en el mercado internacional en la perspectiva del incremento de la competencia.....	412
2.4. Contribución a la estrategia de diferenciación mediante estudios científicos (Huella Digital y Caracterización Nutricional de la quinua.....	417
3. Transversalización del enfoque de género en las acciones implementadas en el complejo productivo de la quinua.....	421
4. Conclusiones.....	423
5. Referencias bibliográficas.....	425
REFLEXIONES FINALES.....	427
 ANEXOS.....	 431
ANEXO I: LA QUINUA COMO UNA INSTITUCIÓN JURÍDICA MILENARIA, POSITIVA Y METAJURÍDICA EN LA LEGISLACIÓN BOLIVIANA.....	431
ANEXO II: INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	449
ANEXO III: FINANCIAMIENTO A TRAVÉS DE PROYECTOS.....	463
SOBRE LOS AUTORES.....	483
ACRÓNIMOS.....	503
GLOSARIO.....	511

AGRADECIMIENTOS

Desde PROINPA y UPB queremos agradecer de manera profunda a todos aquellos que creyeron en este libro, el que no habría sido posible llevar a buen puerto sin su decidido concurso, aporte y esfuerzo.

Esta segunda versión de la serie *La agricultura boliviana del siglo XXI* incluye la descripción del caso exitoso de Coronilla, la que fue posible gracias al diálogo profundo con Diego Peláez Wille, quien nos relató de primera mano su inspiradora experiencia; le expresamos nuestro especial agradecimiento.

Así también nuestro sincero reconocimiento a Teodosia Vásquez y Rafael Solíz, productores de Quinua Real orgánica de la región de Atocha, de quienes hemos registrado sus experiencias en videos realizados en ocasión del Congreso Internacional de la Quinua.

Resaltamos el aporte de Jacha Inti Industrial S.A. y Andean Valley S.A.; y de Swisscontact, gracias por compartir sus experiencias y visiones orientadas al desarrollo sostenible de la quinua.

PRÓLOGO

Es con gran satisfacción que presento a la comunidad científica y lectora esta valiosa colección de ensayos titulada *La agricultura boliviana del siglo XXI: la experiencia de la quinua*. Al igual que nuestro libro sobre el tomate, este trabajo es fruto de la cooperación entre dos instituciones de renombre en Bolivia: la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) y la Universidad Privada Boliviana (UPB).

Los datos científicos de los técnicos de PROINPA, junto con los conocimientos de los académicos e investigadores asociados a la UPB en diversas dimensiones como económica, social y comercial que se relacionan con la producción y comercialización de la quinua, han aunado sus esfuerzos para continuar indagando con datos de relevancia sobre este grano, pilar de la agricultura andina.

El resultado ha sido un trabajo de investigación multidisciplinario que aborda el tema de la quinua desde una perspectiva holística y científica, ofreciendo una visión integral sobre este singular cultivo que por siglos ha nutrido a generaciones enteras en los Andes, en Bolivia y en el mundo.

Este libro se enmarca en la misión de la UPB, la que no sólo transmite conocimientos, sino que contribuye al desarrollo sostenible de Bolivia a través de la investigación y la generación de saberes pertinentes a la realidad actual.

Cada capítulo aborda un aspecto diferente de la quinua, brindando una panorámica completa de su importancia en la agricultura y la economía boliviana. Algunos se enfocan en los aspectos

comerciales de su producción y exportación, otros analizan sus propiedades nutricionales y su valor en la alimentación humana, mientras que otros exploran la biodiversidad y las variedades cultivadas en Bolivia.

El conocimiento reunido aquí será de gran utilidad para agricultores, productores, empresarios y todos aquellos interesados en el potencial de la quinua para la seguridad alimentaria, los negocios y el desarrollo socioeconómico. Además, estas investigaciones ofrecen una base sólida para la formulación de políticas públicas orientadas al fortalecimiento del sector quinuero y su proyección en el mercado internacional.

PROINPA y la UPB ratifican su compromiso con el avance científico del conocimiento, así como a seguir explorando las riquezas y potencialidades de la realidad boliviana, contribuyendo con conocimiento a la construcción de un futuro próspero y sustentable para Bolivia.

Esta colección será una referencia para todos aquellos que busquen entender y apreciar la magnitud de la quinua en nuestra tierra, y una inspiración para que nuevos investigadores sigan explorando y desvelando los secretos de este milenario grano.

Abril, 2024

Francisco J Mayorga, PhD

Rector de la UPB

PRESENTACIÓN

EL APASIONANTE CAMINO DE LA QUINUA

La agricultura boliviana del siglo XXI: la experiencia de la quinua, está compuesto por una fascinante selección de artículos de investigación escritos por técnicos reconocidos en cada una de las temáticas tratadas y que constituyen un aporte para comprender la cadena productiva de la quinua en Bolivia y de otros países productores de la región y del mundo. En el ámbito nacional, la expectativa es que este libro se constituya en una motivación — entre otras— para que los emprendedores puedan elaborar, en el menor tiempo posible, productos en base a la quinua con valor agregado destinados ya sea para el mercado nacional o para el externo.

Inicialmente se realiza una actualización de temas muy relevantes para entender la complejidad de la cadena agroalimentaria de la quinua, lo que se logra gracias al conocimiento tácito y explícito de profesionales y científicos de la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA) y de los académicos e investigadores de la Universidad Privada Boliviana (UPB). La sinergia de esta complementariedad de conocimientos se aprecia a lo largo de los once capítulos, estudios de caso y anexos.

Se presenta el contexto de la quinua en Bolivia, analizando variables como superficie cultivada, producción, rendimiento y consumo, basadas en estadísticas oficiales hasta el 2022. Se complementa con información estadística por departamento y por municipio.

Además, utilizando la técnica econométrica ARIMA, se realiza una proyección al 2030 de las variables: superficie cultivada, producción y rendimiento, determinando distintos porcentajes de crecimiento.

En el contexto internacional se informan los valores de las exportaciones e importaciones de quinua en el mundo. Mediante el Índice Herfindahl, se determina el grado de concentración de los mercados proveedores e importadores. Se presenta el análisis situacional comparativo de los principales exportadores y, de igual forma, un análisis situacional en los países importadores y se realiza un aporte fundamental, que son los requisitos de importación para ingresar a los principales mercados en Norteamérica y Europa.

El aporte técnico-científico de investigadores de PROINPA recupera el fruto de años de trabajo que, con su investigación, contribuyen a ampliar la frontera del conocimiento, principalmente en cuanto a variedades, tratamiento de enfermedades y sistemas productivos. Se incluye un tratado sobre el origen, variedades y bancos de germoplasma, ciclo de cultivo, características agronómicas, sistemas de producción por ecosistemas y factores limitantes para la producción, tanto bióticos como abióticos de la quinua.

Se realiza un análisis comparativo entre el manejo tradicional y convencional de los cultivos de quinua. Para el convencional, se exponen las innovaciones orientadas hacia la sostenibilidad de la producción bajo los principios de intensificación agroecológica y agricultura regenerativa. En este contexto, para evitar el ataque de plagas y mejorar la baja fertilidad de los suelos, se presenta la cartera completa de bioinsumos que ha desarrollado PROINPA a partir de microorganismos benéficos y extractos vegetales. Se presenta una reflexión sobre la sostenibilidad y rentabilidad de la producción de la quinua en Bolivia.

Reciben especial atención las tecnologías de beneficiado, que permiten remover la saponina para lograr un grano perlado listo para su consumo. Entre las tecnologías convencionales por las ventajas inherentes, se presenta un proceso de beneficiado en seco, el cual es un aporte al estado del arte y es producto del

desarrollo tecnológico de investigadores de la UPB. También se presenta un ensayo sobre las posibilidades de industrializar la saponina.

La sostenibilidad y proyecciones en la cadena de valor de la quinua se exploran partiendo de la importancia de la logística en toda la cadena de valor, desde su producción hasta su comercialización, incluyendo detalles de las maquinarias y equipos necesarios en cada etapa. A partir de ello, se hace énfasis en la logística de exportación, se muestra un listado de operadores logísticos en Bolivia y las rutas de exportación. Además, se subraya la importancia del empleo de las nuevas tecnologías y sistemas de información para la recopilación y análisis de datos sobre la quinua, tales como la trazabilidad.

Se incluye una propuesta con temas referentes a mercado y comercialización, centrada en la estrategia de la Denominación de Origen (DO) "Quinua Real del Altiplano Sur de Bolivia", como una forma recomendada de acceder a mercados internacionales. Se describen los usos del grano perlado, así como de la saponina. Finalmente, se presentan estrategias para la promoción y comercialización de la Quinua Real tanto en el mercado interno como externo.

El libro incluye un tratado de alimentación saludable en base a la quinua. Inicia con el análisis de la tendencia en la prevalencia de inseguridad alimentaria grave en Latinoamérica y el mundo, así como la presentación del Mapa de Vulnerabilidad de la Seguridad Alimentaria en Bolivia. Se presenta en cifras el valor nutricional del grano y de sus hojas, exponiendo con mucho detalle los efectos en el organismo de los principales macronutrientes y micronutrientes. Los aspectos culturales y de promoción del consumo interno son abordados iniciando con la presentación de las tradiciones y prácticas culturales en torno a la quinua. Posteriormente, se propone trabajar en el posicionamiento de este alimento para aumentar los niveles de consumo interno, planteando la campaña de comunicación y *marketing*: "Bolivia en cada grano" para la Quinua Real, constituyéndose en un aporte necesario.

Las herramientas de financiamiento para el sector agroindustrial de la quinua en Bolivia son tratadas con detalle y se describen las alternativas para las empresas del sector, tales como el sistema de intermediación financiera y el mercado de valores.

Se exploran, también, algunas formas recomendadas de fijación del precio, constituyéndose en un aspecto novedoso para los productores. Considerando como ejemplo la Quinua Real blanca, se plantean dos formas de determinación del precio promedio pronosticado, tomando diferentes escenarios para el productor y las metodologías de pronóstico LSTM y ARIMA.

Los anexos incluidos presentan temas transversales tales como los legales, los financieros y la inteligencia artificial y se presentan dos estudios de caso como el de Coronilla y el de Swisscontact.

En el análisis de la cadena de valor de las exportaciones de productos agrícolas de Bolivia para el 2022, se concluye que la quinua, pese a su sobresaliente calidad nutritiva, aún no ha alcanzado los importantes volúmenes de exportación de otros productos agrícolas tradicionales, tales como la soya. Por otro lado, aún queda mucho por realizar para incrementar su consumo interno. Debido a todo ello, este libro es la mejor guía para recorrer entre todos ese largo pero apasionante camino de la quinua.

César Villagómez Villarroel, PhD(c.)

Presidente del Directorio de la Fundación PROINPA

GUÍA DE LECTURA

Antes de comenzar su lectura...

Existen algunos puntos que le recomendamos al lector tome en cuenta al momento de leer los libros de la serie: *La agricultura boliviana del siglo XXI*. Es importante que considere que cada capítulo fue escrito por autor(es) que proviene(n) de distintas áreas de experticia; lo que les da la libertad de explicar, de la manera que consideren más adecuada, desde un enfoque multidisciplinario, aquello que les permite enriquecer sus textos.

El libro no es un manual con los pasos a seguir para empezar a elaborar cualquiera de los productos analizados. Más bien, es una compilación de distintos artículos escritos, específicamente, con el fin de dar a conocer, entre otros, los eslabones de la cadena productiva.

La información presentada será de gran utilidad para quienes quieran producir, no obstante, también lo será para aquellos que buscan datos de los distintos aspectos relacionados con las cadenas productivas de los cultivos seleccionados, a fin de tomar decisiones en base a ello.

Cuenta con recursos virtuales de distinta índole, por lo que le presentamos una guía para que pueda sacar mayor provecho y utilizarla mejor.

Del contenido virtual

Encontrará códigos QR que hacen referencia al contenido virtual que lo redirigirán a sitios que se encuentran fuera de las páginas del libro. El objetivo es ayudarle a profundizar los temas que sean de su interés a través de herramientas virtuales que enriquezcan su experiencia lectora.

Encontrará fotografías, videos, *tours* virtuales de 360 grados a sistemas de producción, documentos, bases de datos, entre otros. En ese sentido, para tener una experiencia más completa, se recomienda tener a mano un dispositivo que le permita escanear estos códigos según su interés y necesidad a medida que vayan apareciendo.

De las entrevistas

Para conectar la teoría y la práctica, además de contar con los aportes de investigadores de la Fundación PROINPA y de la UPB, quienes tienen contacto directo con el trabajo agrícola, se realizan entrevistas a personas relacionadas con los distintos eslabones de las cadenas de los productos analizados. En estas encontrará información sobre sistemas de producción con sus propias ventajas y desventajas, aspectos relacionados con la provisión de insumos, comercialización, diferentes formas de entenderla, entre muchas cosas más. Cualquier persona interesada en los cultivos analizados, puede beneficiarse de estos puntos de vista para elegir aquel sistema que se acerque más a sus posibilidades y/o preferencias.

Se agradece a todos los que han compartido fotografías, videos y, sobre todo, su conocimiento y experiencia relacionados con cada uno de los productos estudiados lo que, ciertamente, ha ayudado a mejorar la calidad de la información presentada a los lectores.

Para acceder al contenido de realidad aumentada, descargue la aplicación *La agricultura boliviana del siglo XXI* de los siguientes QRs:

QR # 1 Aplicación Android



QR # 2 App iOS



Para acceder al contenido virtual del libro escanee los siguientes QRs:

QR # 3 Serie de libros digitales



QR # 4 Documentos extra



En la siguiente infografía se muestra el modo de instalación y uso de la aplicación *La agricultura boliviana del siglo XXI*.

Escanear QR del libro para
descargar la aplicación



Se abrirá una página,
y presione en el botón instalar app



Abra la aplicación después
de instalarla



Presione RA Cámara y
se activará la realidad aumentada



Apunte con su móvil a un marcador RA
(Realidad Aumentada) dentro del libro



Disfrute de la Realidad Aumentada

Escanee el siguiente QR para ingresar al videotutorial de instalación y uso de la app: *La agricultura boliviana del siglo XXI*.



Nota: La aplicación solamente escanea los marcadores de realidad aumentada que están diseñados a colores, como se muestra en el siguiente gráfico:

Marcas de realidad aumentada: Colores



Nota: Los códigos QR están en blanco y negro.

Los códigos QR: Blanco y negro



1.

CONTEXTO GENERAL DE LA QUINUA EN BOLIVIA

Giselle Calvo - Pamela Córdova - Juan Pablo Córdova - Laura Guzmán - Alejandro Jiménez - Hernán Naranjo - Norka Ojeda Rolando Oros - Wilfredo Rojas

Resumen

La quinua es uno de los alimentos más representativos de Bolivia, por su origen, historia, su importancia productiva, y su consumo, entre otros aspectos. Este capítulo brinda información estadística que resalta la relevancia de este cultivo, sobre todo, desde la perspectiva productiva y de consumo a nivel del país. Esta información se analiza de acuerdo a distintos niveles geográficos, destacando lo acontecido nacionalmente, pero también a nivel departamental, y cuando la información oficial lo permite, a nivel municipal. Es así, que se muestra la evolución de la superficie, la producción y el rendimiento que la quinua ha logrado en las últimas décadas; también cómo se ha desarrollado el consumo, específicamente, a nivel Bolivia. Las estadísticas se complementan con análisis econométricos para proyectar la evolución de las variables mencionadas y determinar los factores principales que influyen en el rendimiento de la quinua.

Palabras clave: Quinua, superficie, producción, cultivo, rendimiento, exportaciones, consumo, Bolivia.

Introducción

La quinua es uno de los cultivos más importantes y representativos de Bolivia, por su origen, su historia, sus características y propiedades nutricionales y por la relevancia que tiene como actividad económica en el país.

Justamente por esto, el presente capítulo busca brindar un análisis descriptivo sobre la situación de la quinua, detallando su evolución y estado actual en términos de la superficie cultivada, la producción, los rendimientos y el consumo de este grano dentro del Estado Plurinacional de Bolivia.

Esta información busca brindar un contexto general de la situación de la quinua en Bolivia, a manera de preámbulo para toda la información que se mostrará en los siguientes capítulos, en los cuales se profundizarán distintas aristas de este fascinante cultivo.

Objetivos del capítulo

Describir la situación de la producción y consumo de quinua a nivel nacional, mediante el uso de estadísticas oficiales para establecer el contexto actual de este importante cultivo dentro del Estado Plurinacional de Bolivia.

1.1. Superficie, producción y rendimiento

La superficie cultivada de quinua en Bolivia (ver Gráfico I.1) ha experimentado un crecimiento exponencial desde la década de los 80 hasta la actualidad, pasando de 20.688 hectáreas en el ciclo agrícola 1983 – 1984 hasta las 123.627 hectáreas para el ciclo 2021 – 2022, según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE). La mayor superficie cultivada durante estos 38 años se logró entre los años 2014 y 2015, lo cual podría estar relacionado con el impulso inicial que generó la celebración del Año Internacional de la Quinua en 2013.

Históricamente, se podría identificar cuatro momentos específicos en términos de la evolución de la superficie cultivada. Uno inicial, entre 1983 y el ciclo 1991 – 1992, en el cual se da un crecimiento

muy importante en la superficie de quinua a nivel nacional, llegando hasta las 37.262 hectáreas. Posteriormente, hasta inicios del siglo XXI, la superficie se mantiene relativamente constante, manteniéndose un promedio de 36.559 hectáreas cultivadas hasta el ciclo agrícola 2000 – 2001.

A inicios de la década de los 2000, se revitaliza la siembra de quinua aumentándose la superficie cultivada de manera ininterrumpida hasta el ciclo agrícola 2014 – 2015, llegando a su pico histórico. Finalmente, desde entonces, la superficie se redujo de manera importante hasta las 110.639 hectáreas en 2016 – 2017 para luego repuntar en el ciclo agrícola 2021 – 2022, colocándose muy cerca al punto más alto alcanzado históricamente.

Estos diferentes momentos han estado marcados por varios eventos relacionados con la influencia de los mercados nacionales e internacionales y también con fenómenos climáticos, que en los últimos años han sido severos e imprevisibles en su intensidad.

En términos de la producción de quinua en toneladas, la misma ha ido de la mano con la evolución de la superficie cultivada en el mismo periodo (Gráfico I.1), ya que a la par que el número de hectáreas iba en aumento, las toneladas producidas lo hacían también de manera sostenida hasta el ciclo 2014 – 2015. Posteriormente, hubo un descenso en el número de hectáreas cultivadas influyendo directamente en la producción, misma que se estabilizó alrededor de las 70 mil toneladas métricas. El dato para el último ciclo agrícola muestra una caída en la producción, sin embargo, es importante mencionar que estos datos son provisionales y podrían cambiar hasta llegar a los datos definitivos.

La tendencia clara que se observa a nivel de la superficie cultivada y la producción de quinua, no es evidente para el caso del rendimiento, medido en términos de toneladas por hectárea, ya que los datos muestran una constante fluctuación de este indicador a lo largo de las casi cuatro décadas de información presentada (Gráfico I.1).

El menor rendimiento registrado fue de 0,349 toneladas de quinua por hectárea en el ciclo 1991 – 1992, el que marca el pico de superficie cultivada en el primer momento de análisis de la serie. El mayor rendimiento registrado, según los datos del INE a nivel nacional, se dio en el ciclo agrícola 2017 – 2018 cuando se alcanzaron las 0,634 toneladas por hectárea.

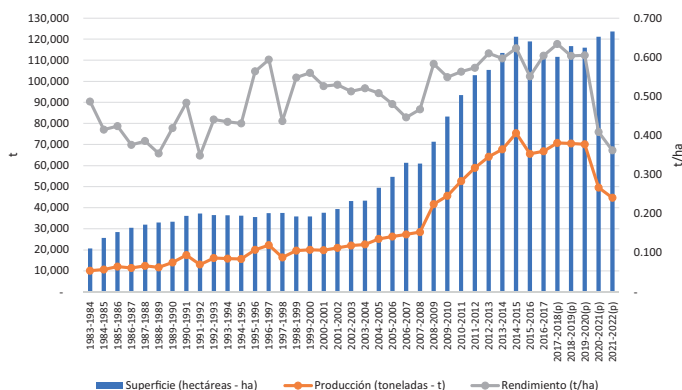
QR # I.1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a datos sobre la quinua: Superficie, producción y rendimiento.

Los rendimientos se han visto afectados por prácticas no apropiadas en las zonas productoras de quinua, mismas que se concentran en el altiplano, ecosistema frágil cuyos suelos contienen muy poca materia orgánica y sufren de erosión permanente. La expansión de la frontera agrícola para producción, el uso desmedido de maquinaria, la reducción de las zonas de pastoreo y de la vegetación natural, son algunas de las prácticas que han determinado que la producción por unidad de superficie no sea la más alta (Risi et al., 2015).

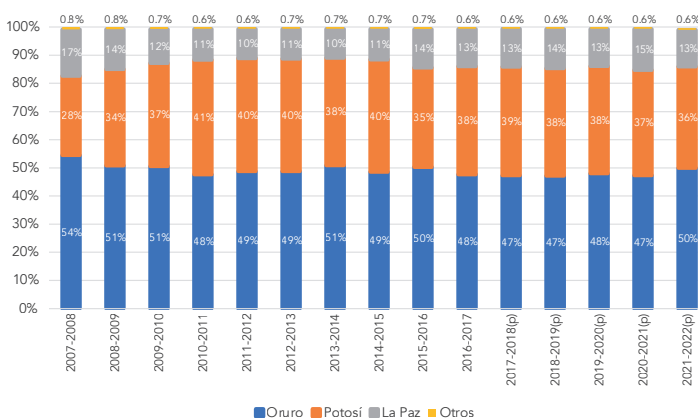
Gráfico I.1: Superficie cultivada, Producción y Rendimiento de quinua en Bolivia según ciclo agrícola (1983 - 2022)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Al analizar estos temas, desde una perspectiva departamental, se observa claramente que tres son los departamentos que concentran la casi totalidad de la superficie cultivada de quinua en Bolivia. Es así que, en orden de importancia, Oruro, Potosí y La Paz albergan a más del 99% de la superficie cultivada de quinua en el país. (Gráfico I.2).

Gráfico I.2: Superficie cultivada de quinua según año agrícola por principales departamentos (en %)

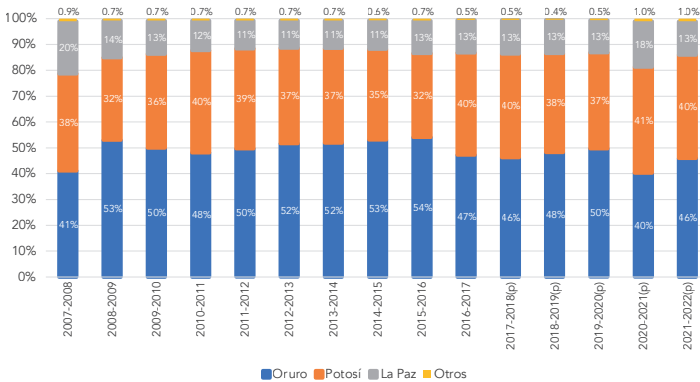


Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Si bien existen cultivos de quinua en otros departamentos, los mismos son realmente marginales frente a lo reportado en los departamentos del altiplano (INE, 2023).

Esta realidad en el cultivo de quinua marca que la producción de este grano provenga, prácticamente en su totalidad, de los departamentos de Oruro, Potosí y La Paz como se observa en el Gráfico I.3. Si bien otros departamentos reportan en las estadísticas del INE ciertas toneladas producidas, especialmente Cochabamba, esta producción es marginal (INE, 2023).

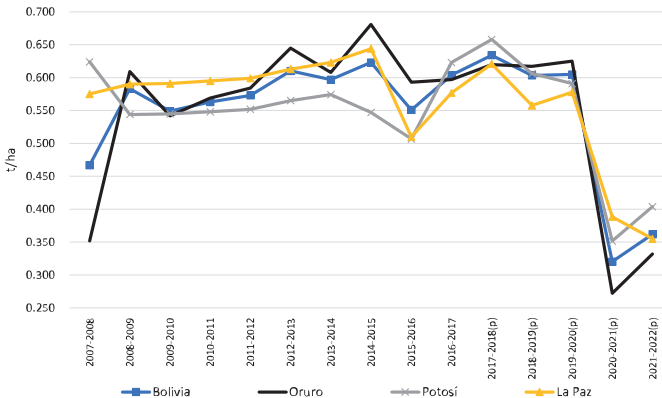
Gráfico I.3: Producción de quinua según año agrícola por principales departamentos (en %)



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

El rendimiento, medido en toneladas por hectárea (t/ha), es muy variado por departamento. Oruro, Potosí y La Paz, mantienen rendimientos relativamente similares, como se observa en el Gráfico I.4. (INE, 2023).

Gráfico I.4: Rendimiento de quinua (t/ha) según ciclo agrícola en los principales departamentos



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

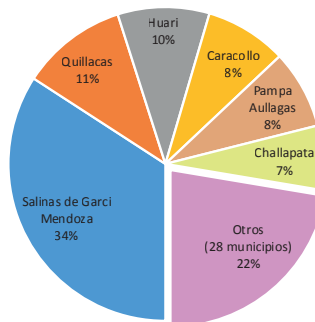
QR # I.2



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a documentos extra sobre la quinua.

En cuanto a la distribución de la superficie cultivada a nivel municipal en cada uno de los principales departamentos productores, como se indicó en los párrafos precedentes, el departamento de Oruro presenta la mayor superficie de cultivo de quinua, siendo el municipio de Salinas de Garci Mendoza el más representativo (con un 34% de la superficie cultivada departamental) según datos del INE presentados en la Encuesta Nacional Agropecuaria del 2015. Muy por debajo se encuentran los municipios de Quillacas, Huari, Caracollo, Pampa Aullagas y Challapata con porcentajes de participación dentro el total departamental de entre 11% y 7% según se puede apreciar en el Gráfico I.5 presentado a continuación. El restante 22% de la superficie cultivada de quinua se halla dispersa entre otros 28 municipios.

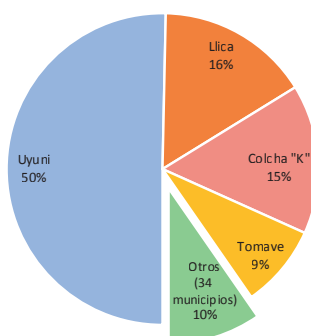
Gráfico I.5: Distribución de la superficie cultivada (ha), departamento de Oruro



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Una situación similar se observa en el departamento de Potosí donde el municipio de Uyuni abarca el 50% de la superficie total de cultivo de quinua en dicho departamento, quedando muy por debajo los municipios de Llica (16%), Colcha "K" (16%) y Tomave (9%); que juntos son los cuatro municipios con mayor representatividad en la superficie cultivada del departamento de Potosí, tal como se puede apreciar en el Gráfico I.6.

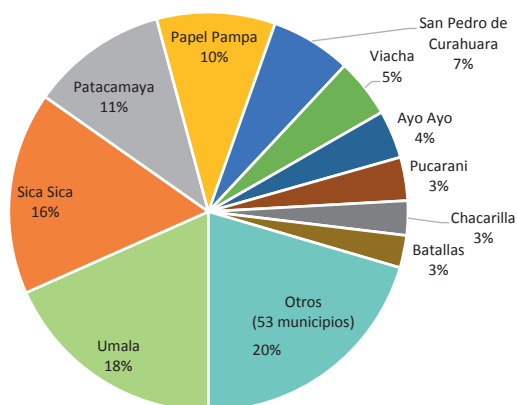
Gráfico I.6: Distribución de la superficie cultivada (ha), departamento de Potosí



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

A diferencia de Oruro y Potosí, el departamento de La Paz presenta mayor dispersión en cuanto a la superficie cultivada de quinua, siendo los municipios de Umala y Sica Sica los que cuentan con mayores superficies respecto al total departamental con 18% y 16% respectivamente, seguidos de Patacamaya, Papel Pampa, San Pedro de Curahuara, Ayo Ayo, Pucarani, Viacha, Chacarilla y Batallas; cuyas superficies cultivadas con quinua representan entre el 11% al 3% del total departamental. En el Gráfico I.7 se aprecia que aproximadamente el 20% de la superficie cultivada en el departamento de La Paz está dispersa entre los restantes 53 municipios donde se han reportado parcelas con producción de quinua.

Gráfico I.7: Distribución de la superficie cultivada (ha),
departamento de La Paz



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Cabe destacar que, a pesar del énfasis en la extensión territorial dedicada al cultivo de quinua en ciertos municipios y su relevancia a nivel departamental, resulta paradójico que muchos de ellos registren un rendimiento en la producción de quinua inferior a los promedios nacionales y departamentales, según se detalla en la tabla a continuación:

Tabla I.1: Relación de rendimiento a nivel municipal en la producción de quinua

Departamento	Rendimiento Promedio Departamental (t/ha)	Municipio	Rendimiento (t/ha)
Oruro	0,337	Salinas de Garci Mendoza	0,395
		Quillacas	0,374
		Huari	0,506
		Caracollo	0,081
		Pampa Aullagas	0,392
		Challapata	0,202
Potosí	0,361	Uyuni	0,403
		Llica	0,236
		Colcha "K"	0,283
		Tomave	0,294
La Paz	0,451	Umala	0,135
		Sica Sica	0,146
		Patacamaya	0,248
		Papel Pampa	0,132

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Este análisis muestra que, si bien la producción de quinua no alcanza niveles óptimos de rendimiento en las regiones de mayor superficie cultivada, la demanda de grano de quinua obliga a abarcar mayores superficies de terreno a fin de obtener los niveles esperados en cuanto a volumen de producción.

Tradicionalmente, la quinua se produce en el altiplano y valles interandinos, sin embargo, el cultivo se encuentra concentrado en el altiplano. Según Gandarillas (1982), las zonas productoras presentan características agroecológicas diferenciadas, por lo que

se clasifican en altiplano norte, central, sur y valles interandinos. Por su parte, Gandarillas et al. (2014) incluyeron a la puna o cabeceras de valle y los llanos orientales.

La principal zona de producción de quinua en Bolivia es el altiplano sur, donde se siembra de la variedad Real en grandes extensiones y cuya producción tiene como destino principal el mercado exterior; sin embargo, se ha expandido hacia otras zonas, siendo el altiplano central la de mayor expansión (Gandarillas et al., 2014). Cabe mencionar que la nueva zona de producción se encuentra en los valles tropicales de Santa Cruz, puesto que hasta el 2022 se tiene al menos dos variedades liberadas para esa zona y otras están en proceso. La producción de quinua en los llanos orientales de Santa Cruz está ingresando para siembras en invierno y para rotar con el cultivo de soya, lo cual es una buena opción desde el punto de vista del manejo de cultivos.

Realidad aumentada I.1



Apuntando un dispositivo móvil a la señal podrá observar contenido relacionado con la lectura en realidad aumentada.

Realidad aumentada I.2



Apuntando un dispositivo móvil a la señal podrá observar contenido relacionado con la lectura en realidad aumentada.

Realidad aumentada I.3

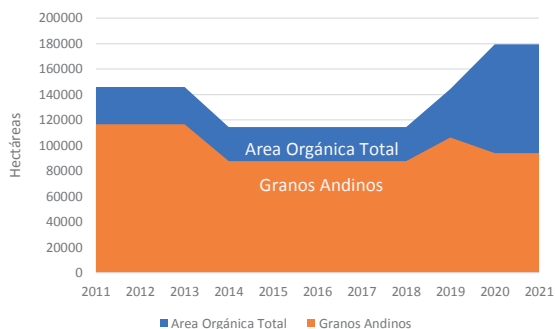


Apuntando un dispositivo móvil a la señal podrá observar contenido relacionado con la lectura en realidad aumentada.

Producción de quinua orgánica en Bolivia

De acuerdo a la publicación *The world of the organic agriculture* de la FiBL & IFOAM – Organics International, al 2021 Bolivia tenía 179.425 hectáreas cultivables orgánicas, que corresponde al 0,5% del área cultivable total; de éstas, 94.012 corresponden a la producción orgánica de cereales. (Gráfico I.8: Reportándose más de 92.000 hectáreas de quinua orgánica en Bolivia, principalmente en los municipios del altiplano sur, en comparación a Perú con 10.625 hectáreas de quinua orgánica.

Gráfico I.8: Superficie de la producción orgánica de granos andinos con relación al área total orgánica en Bolivia



Fuente: Elaboración propia en base a FiBL Statistics.

De manera general, en América Latina y el Caribe, desde el 2010, los cultivos arables orgánicos más importantes y de mayor crecimiento han sido los cereales, especialmente la quinua, con más de 160.000 hectáreas en el 2020.

1.2. Sistemas de producción de quinua en Bolivia por ecosistemas

Altiplano sur

Corresponde a la principal zona de producción de quinua del país. La Quinua Real solamente es producida en esta zona en los departamentos de Oruro y Potosí, en el contorno de los salares de Uyuni y Coipasa que presentan características agroclimáticas y suelos que tienen una textura especial para su producción (Soraide, 2014).

La variación altitudinal de las parcelas donde se cultiva quinua fluctúa entre los 3.610 a 4.500 m.s.n.m. Sus suelos se caracterizan por ser arenosos, sueltos, la conductividad eléctrica muestra que son ligeramente salinos y susceptibles a erosión eólica, son procedentes de material volcánico con excesiva presencia de sales y baja materia orgánica (1 - 2%), con un pH débil a moderadamente alcalino (7,1 - 8) (Cárdenas, 2010, citado por Soraide, 2014). En algunas áreas, la erosión eólica está empezando a formar dunas, en 1995 Cossío estimó para el altiplano sur una pérdida de 70 t/ha/año, mientras que Murillo (2012) estimó para el suelo arenoso franco una pérdida entre 139,7 a 462,8 t/ha/año.

El altiplano sur es la más seca en comparación a otras zonas de producción. La época lluviosa empieza recién en diciembre, e incluso en enero. La cantidad de lluvia que se registra varía entre 50 y 200 mm/año (Rojas et al., 2015). Según Soraide (2014) la precipitación promedio es de 165 mm/año, la humedad relativa de 35,6% y 39 días de lluvia/año.

La temperatura media anual llega a 5,7 °C, durante la estación de cultivo de diciembre a marzo llega a 11 °C, la temperatura máxima media en el 2012-13 llegó a 18 °C y la mínima media entre abril y julio llegó a -11 °C (Gandarillas et al., 2013). Los días con heladas/

año pueden llegar a 183, presentándose las más fuertes en febrero y marzo (floración entrando al estado lechoso) llegando -6°C y con vientos predominantes del sud-oeste a una velocidad promedio, en la época de viento (agosto), de 16 km por hora (Soraide, 2014).

De acuerdo al mapa ecológico, el altiplano sur tiene características de desierto, una relación ETP/PP = 8, indicando que hay ocho veces más evaporación que precipitación en la zona, manifestándose con la afloración de sales en el suelo. Asimismo, en las zonas productoras como el intersalar se tienen 5,8 Kwh/m² de radiación solar diaria, siendo la diafanía de 0,8. En la práctica esto quiere decir que en el intersalar hay un promedio anual de 9 horas/día de sol. Este último aspecto coincide con la época de floración (enero y febrero), permitiendo una correcta floración (antes 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas). Al hacer la comparación con otras zonas, en ellas no prospera una correcta floración por falta de horas luz/día (Soraide, 2014).

Los suelos son arenosos, donde la vegetación predominante es la thola (*Parastrephia lepidophylla*). Por el tipo de suelo y poca precipitación, el crecimiento de las gramíneas para pastoreo es escaso. La cría de llamas era un rubro importante en el pasado (Rojas et al. 2015). El sector sur y el occidente del altiplano sur son más áridos y los pastos consecuentemente son pobres, excepto a lo largo de los contornos de ríos o terrenos mal drenados, donde la cría de alpaca es significativa, como en los bofedales de la cordillera de Azanaques en Oruro.

La producción de Quinua Real que antes se concentraba en el intersalar, de forma progresiva se fue ampliando a los municipios de Uyuni al este, Chipaya al oeste, y Santiago de Huari y Andamarca al norte. La configuración actual del altiplano sur abarca los municipios de Colcha "K", San Agustín, Tomave, Llica, Tahua, San Pedro de Quemes, Uyuni y Coroma en el departamento de Potosí; y Salinas de Garci Mendoza, Pampa Aullagas, Orinoca, Santiago de Andamarca, Santiago de Huari, Belén de Andamarca, Challapata, Santuario de Quillacas, El Choro, Chipaya, Coipasa y Sabaya en el departamento de Oruro (Rojas et al., 2015).

La producción de Quinoa Real en el altiplano sur se caracteriza por presentar un estatus convencional (método de producción con uso de tecnología que no contempla la norma orgánica) en un 31%, orgánica (obtención de productos orgánicos de origen agrícola sujeta a las normas de producción orgánica) en un 51% y en transición (cambio hacia la producción orgánica: 24 meses antes de la siembra) en un 18% (Aroni et al., 2009). Según los mismos autores, en las áreas productoras de Oruro la producción orgánica alcanza el 64% y en las áreas productoras de Potosí la cifra es de 33%. La producción en transición para Oruro llega al 12%, mientras que, para Potosí, esta cifra es de 27%.

Entre los factores que limitan la producción el clima es el principal, las escasas precipitaciones, heladas y vientos afectan también seriamente al cultivo. Luego se encuentran los insectos-plaga, entre ellos la ticona (*Helicoverpa quinoa*, *Copitarsia incommoda*, *Agrotis andina*) y polilla (*Eurysacca quinoae*), que en estado larval pueden ocasionar pérdidas promedio de hasta el 35% de la cosecha (Quispe et al., 2009; Saravia et al., 2009, Saravia et al., 2014). Otra limitante es la presencia de liebres, que por las noches mastican los tallos y hojas de plantas pequeñas, así como también de ratones que se alimentan de las plántulas recién emergidas (Rojas et al., 2015). Además, desde inicios del presente siglo, el entierro de plántulas después de la emergencia por causa de los vientos y la sequía, están convirtiéndose en nuevas amenazas para su producción.

Desde el 2013 se ha constatado una disminución de los rendimientos debido principalmente a la baja fertilidad y al bajo porcentaje de materia orgánica de los suelos.

Altiplano central

El altiplano central está comprendido entre las cordilleras oriental y occidental, cubre la parte norte del departamento de Oruro y sur de La Paz y su topografía es mayormente plana.

Los suelos son ligeramente ácidos en lugares con poblaciones de t'ulas, mientras que donde predominan las gramíneas son salinos o alcalinos, dependiendo del contenido de sales y la composición

química de estos. La textura mayormente es media y pedregosa, aunque también son frecuentes los suelos arenosos, que cubren extensiones considerables (Rojas et al., 2015).

El periodo de lluvia se extiende de septiembre a marzo y la precipitación promedio anual es de 350 mm. La cantidad de lluvia registrada disminuye de norte a sur y de este a oeste. Los años lluviosos son poco frecuentes pero muy favorables para la producción agrícola. En los años secos, que son la mayoría, solamente un cultivo como la quinua puede dar cosecha. La temperatura media anual es de 8,7 °C, la máxima media llega a 17,7° C y la mínima media es de -2 °C con registro de agosto a noviembre y de -4 °C en abril a julio. Normalmente se registran más de 200 días con heladas y no existe un mes del año que no tenga por lo menos una helada (Gandarillas et al., 2013).

Entre los municipios del altiplano central que producen quinua se puede mencionar a los siguientes: Pazña, Machacamarca, Toledo, Corque, Caracollo, Eucaliptus, Totora, Choquecota, Turco y Curahuara de Carangas en el departamento de Oruro; y San Pedro de Curahuara, Papel Pampa, Sica Sica, Patacamaya, Umala, Santiado de Callapa, Ayo Ayo, Calamarca, Colquencha, Collana Norte, Corocoro, Comanche, Caquiviri y Calacoto en el departamento de La Paz.

En el altiplano central la quinua se cultiva por lo general bajo un sistema de producción convencional, interviniendo en rotación con otros cultivos, generalmente sigue a la papa y luego el haba o por forraje (cebada o avena) según las condiciones locales. En los sistemas de producción que prevalecen en la región, la quinua se acostumbra a sembrar en surcos y, en algunos casos, al voleo, utilizando densidades de siembra que van de 6 a 12 kg/ha de semilla.

El principal factor limitante que reduce su producción en el altiplano central es el ataque de los insectos-plaga, entre ellos, la ticona (*Helicoverpa quinoa*, *Copitarsia incommoda*, *Agrotis andina*) y la polilla de la quinua (*Eurysacca quinoae*) que, en épocas de sequía, pueden causar la pérdida total del cultivo (Quispe et al., 2009; Saravia et al., 2009, Saravia et al. 2014). Las heladas y

sequías también afectan los rendimientos significativamente, en el primer caso una disminución de la temperatura a -3°C en época de floración puede causar la pérdida total del cultivo. Asimismo, la incidencia del mildiu (*Peronospora variabilis*), el ataque de pájaros en las variedades de grano dulce y la disminución de la fertilidad del suelo afectan el rendimiento del cultivo.

Debido al incremento del precio, en los años 2010 a 2015, los agricultores del altiplano central empezaron a cultivar quinua en mayores superficies. Las principales comunidades productoras, entre ellas Cañaviri del municipio de Umala, han cambiado las formas tradicionales de rotación de cultivos de papa-quinua-cebada a quinua-quinua-quinua. Sin embargo, producir quinua tres años consecutivos está provocando una reducción en la fertilidad del suelo y mayor ataque de plagas, aunque dejan en descanso los suelos de tres a seis años. La otra comunidad es Ayamaya del municipio de Sica Sica, donde los agricultores tienen mayores superficies de tierra y están adoptando algunas tecnologías de producción del altiplano sur, como el empleo de tractores agrícolas para la preparación del terreno y la siembra (sembradora Satiri), además del empleo de ecotipos de Quinua Real junto con la variedad Jacha Grano.

Si bien el precio de la quinua ha disminuido en los últimos años, el cultivo de papa en esas zonas del altiplano central no ha recuperado su lugar, muchos agricultores consideran que cultivar papa requiere mucha mano de obra en relación a la quinua, el producto es voluminoso y pesado, además de que los tubérculos sólo se pueden conservar por seis meses porque merman en su peso, y esto obliga a vender en corto tiempo, mientras la quinua se puede conservar por varios años, lo cual hace que puedan ofertar cuando los precios son atractivos en las ferias.

En 2021, luego de estudios de diagnóstico, la Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos (EMAPA) creó el Programa Quinua para operar en tierras altas, particularmente en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí. Con la creación de este programa el altiplano central ingresa a la producción orgánica cumpliendo los procedimientos

y normativas de certificación, además EMAPA apoyó mediante la provisión de insumos (semilla certificada y bioinsumos) a 0% de interés (PROINPA, 2022).

En el ciclo agrícola 2021 – 2022, el Programa Quinua – EMAPA alcanzó una producción de 1.960 ha, pertenecientes a 1.574 agricultores de 91 organizaciones y/o comunidades de cinco municipios (Patacamaya, Umala, Sica Sica, Ayo Ayo y Colquencha) en la provincia Aroma del departamento de La Paz. A través de un trabajo coordinado entre EMAPA, PROINPA, la Estación Experimental Patacamaya – UMSA y BDP, la entidad del Estado logró certificar con Bio Latina 507 ha de quinua de 375 agricultores como ‘orgánica’ y 357 ha de 140 agricultores en proceso de ‘transición’ a producción orgánica (PROINPA, 2022).

En el ciclo agrícola 2022 – 2023, el Programa Quinua – EMAPA amplió sus acciones a 13 municipios de cuatro provincias de los departamentos de La Paz y Oruro, con un alcance de implementación de 2.414,3 ha de quinua orgánica, destacando los municipios de Caracollo (Oruro), San Pedro de Curahuara y Sica Sica (La Paz) que en conjunto concentran el 67,1% de la superficie, Papel Pampa con el 9,6%, Umala con el 8,9%, Corocoro con el 3,8%, Ayo Ayo con el 3,8% y Patacamaya con el 3,2% (PROINPA, 2022).

La estrategia de manejo orgánico de quinua implementada por el Programa Quinua – EMAPA en el altiplano central, tiene como pilares tres componentes básicos: salud del suelo, nutrición de cultivo y manejo de plagas y enfermedades, los cuales se implementaron a través de cinco prácticas —peletizado de semilla, fertilización foliar, control de adultos de ticonas y polilla, control de larvas de ticonas y polilla y control de mildiu— durante el ciclo agrícola y fases fenológicas de la quinua, considerando su estado de nutrición y la fluctuación poblacional de insectos plaga y/o enfermedades.

Altiplano norte

Es la zona del altiplano más densamente poblada, no sólo porque en ella se practica una agricultura intensiva, sino también porque la población que vive en los márgenes del lago Titicaca, además

de la agricultura, se dedica a la ganadería y a la pesca (Rojas et al., 2015). La actividad agrícola es generalmente complementada con otras de transporte y comercio que forman parte de las estrategias de medios de vida de las familias de esa zona.

En general, los suelos son húmedos y ricos en materia orgánica, en algunos municipios existen bofedales que son aprovechados para la cría de alpacas por la asociación que hay entre esa especie y el suelo húmedo. En la parte sur del área circundante al lago Titicaca, los suelos son más pesados por su origen lacustre-aluvial. En las faldas de la cordillera, los suelos varían de textura mediana a liviana. Al sudeste del lago son pedregosos y de textura más liviana. En algunas áreas presentan eflorescencias salinas visibles especialmente en la estación de invierno (Gandarillas et al., 2013). La estación lluviosa solía extenderse desde septiembre a marzo con una precipitación promedio de 500 mm anuales. Sin embargo, el período de lluvias se acortó y la intensidad se concentra en menor tiempo, además que inicia en noviembre o diciembre. La temperatura media anual en esta zona es más baja que en el resto del altiplano, 7 °C, esto se atribuye al efecto de la nubosidad y la influencia del lago y de las montañas nevadas que flanquean el altiplano norte. La temperatura máxima media es de 14,2° C y la mínima media es de 4 °C en los meses de abril a julio (Rojas et al., 2015).

Según Gandarillas et al. (2013), el altiplano norte está integrado por los municipios de Copacabana y Tito Yupanqui en la provincia Manco Kápac; Achacachi, Huarina, Ancoraimas en la provincia Omasuyos; Viacha, Tiahuanaco, Taraco, Guaqui, Jesús de Machaca y San Andrés de Machaca en la provincia Ingavi; Pucarani, Batallas, Puerto Pérez y Laja en la provincia Los Andes; Escoma, Puerto Acosta y Puerto Mayor Carabuco en la provincia Camacho; y Caquiaviri en la provincia Pacajes.

En el altiplano norte se cultiva bajo un sistema de producción convencional. Los cultivos principales son papa, cebada, haba y quinua. Siguen en importancia los tubérculos menores como la oca, papalisa e izaño y, finalmente, la cañahua y el tarwi. En los terrenos que cuentan con riego se cultivan con preferencia papa y haba; sin embargo, la producción de papa está expuesta a frecuentes

heladas, excepto en algunos microclimas con influencia del lago Titicaca. En los últimos años han tomado mayor importancia las especies forrajeras como cebada, alfalfa, avena, festuca y pasto ovillo, esto en razón al crecimiento de la ganadería (Gandarillas et al., 2013).

El clima es el principal factor limitante, la presencia de heladas y períodos prolongados de sequía durante la etapa de crecimiento pueden afectar seriamente al cultivo de quinua. Por la influencia del lago Titicaca, la humedad relativa es mayor que en otras zonas, lo que favorece el desarrollo del mildiu (*Peronospora variabilis*), además de los insectos-plaga como las ticonas (*Helicoverpa quinoa*, *Helicoverpa titicacae*, *Copitarsia incommoda*, *Agrotis andina*) y la polilla o kcona kconas (*Eurysacca quinoa*) (Quispe et al., 2009; Saravia et al., 2009, Saravia et al. 2014). Otros problemas que se observan son el ataque de pájaros, más frecuente en variedades de grano dulce y en lugares cercanos a poblados.

Valles interandinos

La zona de los valles interandinos se extiende a los departamentos de La Paz, Cochabamba, Potosí, Chuquisaca y Tarija. En esta zona se distinguen los valles ubicados al norte de las Cordilleras Real y Tunari, en los que están incluidos los valles de Sorata, Inquisivi, Independencia y Morochata (Rojas et al., 2015). También se incluyen los valles centrales de Potosí y Chuquisaca y, finalmente, los valles del sur en Tarija, Nor y Sur Cinti en Chuquisaca y Nor y Sur Chichas en Potosí (Gandarillas et al. 2013).

Los suelos en esa zona son muy variables, entre pesados, medianos y livianos, siendo en su mayor parte pedregosos y con topografía ondulada, excepto en los valles abiertos de Cochabamba y Tarija que cuentan con riego. El clima es también muy cambiante por su topografía, encontrándose en unos pocos kilómetros varios pisos mesotérmicos. La precipitación pluvial es muy variable, con un rango entre 350 y 700 mm. En las pampas de Lequezana, ubicadas en Potosí, el promedio de lluvia anual es de unos 400 mm, en cambio, en Tarija llega a 700 mm y en Cochabamba a 500 mm (Gandarillas et al., 2013).

Las variedades Kurmi y Blanquita han mostrado un buen comportamiento, debido principalmente a su tolerancia parcial al mildiu y la buena calidad comercial del grano. En el ciclo agrícola 2012-13 en el Municipio de Arbieta del valle alto de Cochabamba, la Plataforma de Asociaciones Productivas de Arbieta, con el apoyo de la Comunidad de Estudios Sociales y Acción Pública, iniciaron un plan de producción de quinua y la variedad Kurmi logró adaptarse muy bien para la producción de esa zona (Los Tiempos, 2013).

Entre los factores limitantes de la producción de quinua está el ataque de insectos-plaga, entre ellos la polilla (*Eurysacca quinoae*), que causan la destrucción de plántulas, otros ocasionan daños por picaduras, chupadores y minadores de hoja, mientras que lo más importante es el mildiu (*Peronospora variabilis*) que se presenta en diversos grados de incidencia los cuales dependen de la variedad, de las condiciones climáticas y de otros factores.

Tierras bajas

Los precios altos del grano durante el boom de la quinua han atraído la atención de los productores del oriente del país donde se practica una agricultura extensiva altamente mecanizada y especializada en producción de soya, maíz, algodón, girasol, caña de azúcar, chía y trigo de invierno. Con una altitud alrededor de los 400 m.s.n.m., una precipitación anual sobre los 1.000 mm, y temperatura en invierno que varía entre 15 y 25 °C (Rojas et al., 2015).

Según Gandarillas et al. (2013), desde el 2008 la Asociación Nacional de Productores de Oleaginosas y Trigo (ANAPO) ha mostrado interés por la introducción de quinua en la zona tropical de Bolivia. A través de un convenio entre la organización Hacienda del Señor y la Fundación PROINPA, en la campaña de invierno de 2014, quince cultivares seleccionados previamente en los valles interandinos y con buen potencial de resistencia al mildiu y rendimiento fueron sembrados en la Guardia, se lograron experiencias satisfactorias en la selección de estos materiales, donde varios de los cultivares evaluados mostraron buenos niveles de resistencia al mildiu y altos rendimientos (3,4 a 6,34 t/ha) en condiciones experimentales (Gabriel, 2023).

Los primeros resultados de la campaña de invierno 2014 mostraron evidencias de variaciones morfológicas y genéticas debido al efecto de las altas temperaturas; sin embargo, ha sido posible obtener grano y cosechar semilla. Se observó que a nivel morfológico la variación ocurre en el hábito de crecimiento traducido en mayor ramificación y formación de panoja laxa. A nivel reproductivo, la elevada temperatura provocó aborto floral que se tradujo en deficiencias de llenado de grano y, en caso de lluvias, el grano corre el riesgo de germinar en la misma panoja o provoca el ennegrecimiento por efecto de contaminaciones fungosas (Gandarillas et al., 2013).

Con el propósito de obtener genotipos de quinua como alternativa para la región de llanos y valles de Santa Cruz, principalmente la zona este, donde las lluvias son cada vez más escasas y tardías, inclusive heladas en condiciones de invierno, desde 2013 un grupo de investigadores de la UAGRM, liderado por Marin Condori, desarrollan la variedad de quinua UAGRM-FINE, que presenta las siguientes características agronómicas: ciclo precoz (98 a 103 días), altura de planta (90 a 120 cm) ideal para cosecha mecanizada, rendimiento promedio de 2.000 kg/ha y tolerancia moderada a mildiu. La variedad fue registrada ante el INIAF como semilla de categoría básica. Los trabajos de evaluación fueron realizados en las localidades de San Pedro, Aguai, Okinawa, Montero Hoyos, San Julián, Cuatro Cañadas, Vallegrande, Comarapa y Quirusillas. (Condori et al. 2023).

Por otra parte, para la campaña de invierno 2023, la empresa ALTEI Comercializadora lanzó al mercado semilla de la quinua tropicalizada Achachairú para una cobertura de 2.000 ha. El objetivo inicialmente fue desarrollar la quinua en la zona este de Santa Cruz, en la que se encuentran municipios como San Julián donde se presentan sequías que afectan a otros cultivos (PUBLIAGRO, 2023).

Según PUBLIAGRO (2023), la quinua necesita horas de frío en floración, cerca de los 50 días, ya que eso determina la fecha de siembra desde el 20 de marzo hasta fines de abril. La condición es que lleguen los fríos a la floración y pueda cuajar un buen grano. Por la humedad de las regiones tropicales, la enfermedad que la afecta

es el mildiu, pero con tratamiento preventivo el cultivo se maneja sin ningún problema, mientras que para evitar las malezas se sugiere hacer rotación después de la siembra de plantas gramíneas, como el sorgo o maíz.

Considerando el tipo de panoja de la variedad 'Achachairú', se prevé un rendimiento de 1,5 t/ha y un costo aproximado de producción de 400 dólares. En esta iniciativa, ALTEI Comercializadora tiene previsto comprar a los nuevos emprendedores todo el grano, además, se encargará de su procesamiento y posterior exportación (PUBLIAGRO, 2023).

Junto con las variedades adaptadas y semilla de calidad en cantidades suficientes, hay retos importantes como el manejo de malezas, el control de mildiu y la humedad a la cosecha que están siendo afrontados por el empresariado privado.

1.3. Proyecciones de superficie cultivada, producción y rendimiento de quinua

La proyección de superficie cultivada en hectáreas, producción en toneladas métricas y rendimiento en toneladas métricas por hectárea de quinua fue realizada al 2030 utilizando la técnica econométrica ARIMA. Esta se utiliza comúnmente para analizar y predecir series de tiempo y ha sido aplicada en este caso para la superficie, la producción y el rendimiento de la quinua en Bolivia en los próximos años.

Para llevar a cabo esta proyección, se recopiló información histórica sobre superficie, producción y el rendimiento de quinua en Bolivia desde 1984 hasta el 2021 del Sistema Integrado de Información Productiva. La técnica ARIMA se aplicó a estos datos para identificar patrones y tendencias y para hacer una proyección futura de la superficie cultivada, producción y el rendimiento de la quinua.

La proyección de superficie de quinua en hectáreas 1984 – 2030 indica que se espera un aumento anualmente entre un 2,3% y un 3,7% desde el año 2021 hasta el 2030. Esto significaría un aumento en la superficie cultivada de 121.119 hectáreas en 2021 a un rango entre 148.404 y 166.333 hectáreas en el año 2030.

QR # I.3



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a texto, gráficos y tablas sobre las proyecciones de superficie, producción y rendimiento de quinua.

En cuanto a la proyección de la producción de quinua, se espera que ésta aumente, en promedio, entre un 2,3% y un 5,5% anual desde el 2021 hasta el 2030. En consecuencia, la producción de quinua aumentaría desde las 72.671 toneladas registradas en 2021 a un rango entre 89.219 y 113.356 toneladas métricas en el año 2030.

Según los datos, se espera que el rendimiento aumente en promedio entre 0% a 1,5% anual desde el 2021 hasta el 2030. Se esperaría que al 2030 el rendimiento promedio alcance 0,7 t/ha (actualmente cercano a 0,61 t/ha), posicionando a Bolivia como el segundo país productor después del Perú.

1.4. Determinantes de la productividad de quinua orgánica

En el siguiente apartado se presenta un análisis sobre los factores determinantes del rendimiento de los cultivos de quinua (medido en toneladas de quinua producida por hectárea cultivada), tomando en cuenta los tres departamentos del altiplano que concentran la casi totalidad de la superficie y producción de este grano.

El análisis presentado a continuación se centra en la situación de Bolivia tomando datos del 2015, año en el cual se tiene información mucho más detallada gracias a la Encuesta Nacional Agropecuaria de Bolivia (ENA 2015) (INE, 2023).

La ENA 2015 encuestó a 1.299 unidades de producción agropecuaria (UPAs) que manejaban cultivos de quinua. De esta muestra, aproximadamente un 91%, corresponde a UPA

pertenecientes a los departamentos de Oruro, Potosí y La Paz. Es interesante mencionar que en la ENA 2015 no aparecen datos para los departamentos de Beni, Pando y Santa Cruz. Sin embargo, sabemos que en la actualidad la producción de quinua en Santa Cruz va en aumento dado que, desde junio de 2022, ha comenzado la producción de quinua “tropicalizada” que con distintos métodos va a ser cultivada en los meses de invierno dada su alta resistencia a las sequías (Bolivia Emprende, 2022).

Al ser Oruro el departamento más representativo en términos de superficie y producción, será tomado en cuenta como el punto de referencia en los modelos econométricos para identificar los determinantes del rendimiento.

Tabla I.2: Tamaño de muestra representativa de los productores de quinua en Bolivia

Departamento	Frecuencia		%
	Muestra	Expandido	
Oruro	566	32.069	39,94
Potosí	500	20.061	24,99
La Paz	159	20.691	25,77
Cochabamba	50	6.529	8,13
Chuquisaca	20	893	1,11
Tarija	4	40	0,05
Total	1.299	80.283	100

Para identificar los determinantes del rendimiento, se realizó un modelo de Mínimos Cuadrados Ordinarios (OLS, por sus siglas en inglés), donde la variable que se trata de predecir es la producción por hectárea (t/ha). Los resultados de la regresión están expuestos en la Tabla I.3 a continuación:

Tabla I.3. Determinantes del rendimiento de la quinua

Detalle	Coeficiente	P-valor	Intervalo de confianza al 95%	
Constante	0,975	0,00	0,453	1,499
Departamento - Referencia: Oruro				
La Paz	0,017	0,820	-0,135	0,171
Potosí	-0,194	0,000	-0,300	-0,087
Evento climático que perjudicó la producción - Referencia: Ninguno				
Helada	-0,174	0,006	-0,299	-0,049
Granizada	-0,148	0,248	-0,400	0,104
Sequía	-0,460	0,000	-0,634	-0,286
Riada, inundación	-0,147	0,510	-0,584	0,291
Otro	-0,242	0,001	-0,379	-0,105
Preparación del suelo - Referencia: Maquinaria Agrícola				
Fuerza Animal	-0,150	0,149	-0,355	0,054
Fuerza Humana	-0,176	0,056	-0,357	0,005
Usa Químicos - Referencia: Sí usa				
No usa	-0,009	0,866	-0,122	0,102
Tipo de cultivo - Referencia: Asociado				
Independiente	-0,149	0,562	-0,655	0,356

De estos resultados, llama la atención ver la poca significancia estadística que tienen variables como el uso de químicos o el tipo de cultivo (si se realizó de manera independiente o asociado). La muestra utilizada confirma que, en 2015, apenas 7,51% de los hogares productores afirmaban utilizar químicos en la producción. Por otro lado, la muestra indica una alta tendencia hacia los monocultivos en este cereal con un 99,59% de los

hogares productores optando por esta técnica, comparado a un 0,41% que manejan cultivos asociados, lo cual puede deberse a la poca cantidad de productos que podrían soportar las mismas condiciones climáticas que la quinua.

Por otro lado, es interesante que, desde el punto de vista climático, son las heladas y la sequía los fenómenos estadísticamente significativos que generan disminuciones en el rendimiento del cultivo.

Tabla I.4. Determinantes de la probabilidad de alcanzar un rendimiento de quinua igual o superior a la mediana

Detalle	Efecto marginal promedio	P- valor	Intervalo de confianza al 95%	
Evento climático que perjudicó la producción - Referencia: Ninguno				
Helada	-0,28	0,000	-0,40	-0,17
Granizada	-0,31	0,001	-0,51	-0,12
Sequía	-0,55	0,000	-0,75	-0,35
Riada, inundación	-0,15	0,521	-0,60	-0,30
Otro	-0,37	0,000	-0,53	-0,21
Preparación del suelo - Referencia: Maquinaria agrícola				
Fuerza animal	-0,18	0,073	-0,38	0,02
Fuerza humana	-0,10	0,266	-0,28	0,08
Tipo de cultivo - Referencia: Asociado				
Independiente	-0,41	0,00	-0,47	-0,35

Fuente: Elaboración propia con datos de ENA 2015.

Además, se realizó un modelo de probabilidad que permite cuantificar aquellas variables que aumentan las probabilidades de que un cultivo produzca una cantidad mayor a la de la mediana, es decir, sea más productivo que al menos el 50% de los demás

cultivos del país. De acuerdo a los datos de la ENA 2015, 0.43 t/ha es la mediana de producción de los tres principales departamentos productores de quinua. Los resultados están expresados en la Tabla I.4.

Nuevamente, en este modelo se confirma que el fenómeno climático que más afecta a la productividad de los cultivos son las sequías, ya que disminuyen en promedio 55 puntos porcentuales (pp) la posibilidad de producir 0,43 t/ha o más, comparado en una situación sin efectos climáticos. Algo similar se observa en el caso de las heladas, pero su efecto marginal es menor. Al mismo tiempo, el uso de maquinaria agrícola se presenta como la mejor opción para la preparación del suelo, pues los cultivos con este tipo de técnica tienen en promedio 18 pp más de probabilidad de alcanzar un rendimiento superior a la mediana comparado a aquellas unidades que usan fuerza animal (efecto estadísticamente significativo).

Finalmente, parecería ser que la posibilidad de cultivar quinua junto a otros cultivos aumenta significativamente el rendimiento, puesto que un cultivo independiente disminuye la probabilidad de una producción superior a la mediana de los tres departamentos del altiplano en 41 pp en promedio. Sin embargo, es importante resaltar que en este estudio no se identifican qué tipos de cultivos asociados son aquellos que favorecerían una mayor productividad.

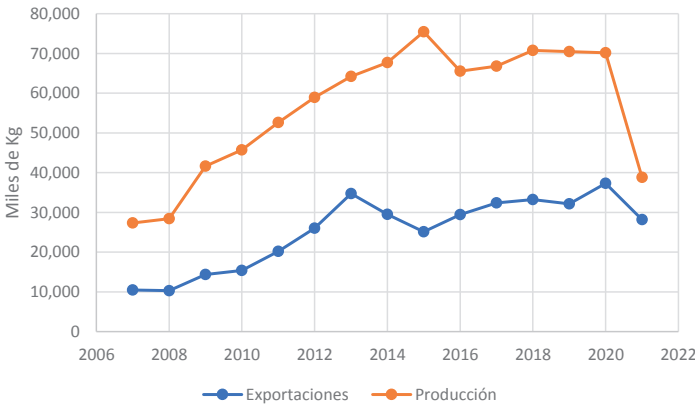
1.5. Consumo de quinua en Bolivia

En esta sección se caracterizará el consumo de quinua en Bolivia en el ciclo 2008–2022, para ello se hace primero un análisis de oferta y demanda para luego realizar una descripción de la evolución del consumo per cápita de la quinua.

Bolivia es un país productor y exportador de quinua, en el INE se encuentran datos históricos acerca de la producción, exportación e importación de este grano en las últimas dos décadas.

En el gráfico I.9 se muestra la evolución de la producción y exportación de la quinua en nuestro país, destacando una tendencia creciente a lo largo del tiempo en ambos indicadores. Llama la atención el brusco descenso en el 2021.

Gráfico I.9: Producción y exportación de quinua (2008-2022)



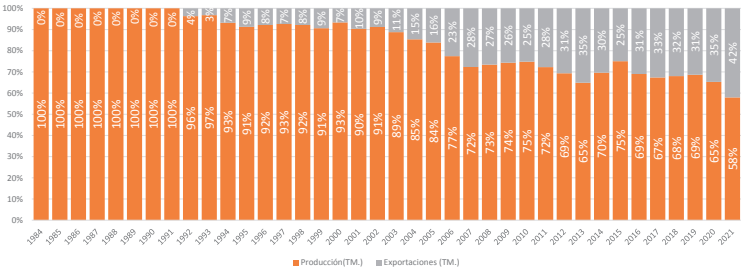
Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE.

Se reportaron menores ingresos como resultado de la caída en el precio del grano que se ha situado el año 2022 en 2.072 dólares por tonelada métrica, una suma similar a la de hace 15 años y que representa menos de un tercio de los 6.602 dólares que se pagaban en 2014.

La baja de precios desincentivó el cultivo del grano en Bolivia. Entre el 2020 y el 2021 la producción se redujo casi a la mitad, al pasar de 70.170 a 38.800 toneladas, según cifras del Instituto Boliviano de Comercio Exterior (Gráfico I.10).

Analizando la evolución del porcentaje de exportaciones sobre la producción, se observa un aumento progresivo del porcentaje exportable sobre la producción llegando a exportar casi el 60% del volumen de producción en el 2020.

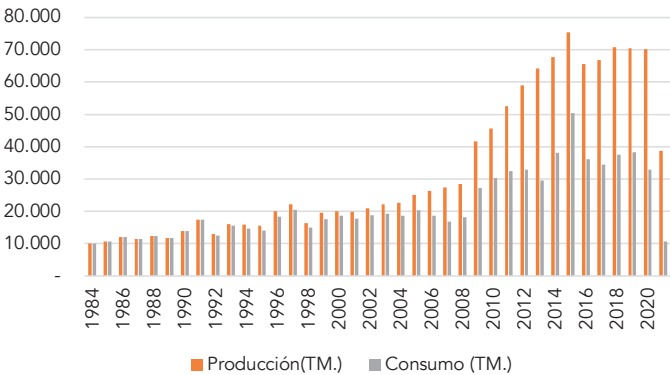
Gráfico I.10: Porcentaje de exportaciones sobre la producción



Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE.

La relación entre las exportaciones y la producción está asociada con menores niveles de consumo de quinua en el ámbito nacional como se evidencia en el siguiente gráfico que muestra el contraste entre producción y consumo (Gráfico I.11).

Gráfico I.11: Balance entre oferta y demanda



Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE.

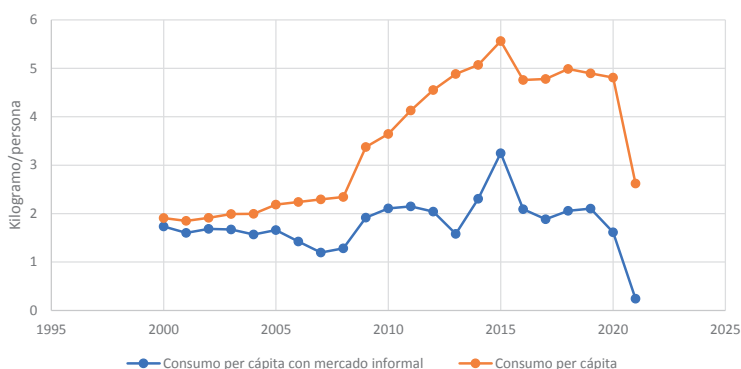
En cuanto al balance de la oferta y demanda se observa el gran volumen de producción y el bajo volumen de consumo a lo largo de las últimas décadas, cabe resaltar que ambos indicadores han tenido una baja a partir del 2014 dónde ambos alcanzan su punto máximo debido principalmente a altos niveles de precio en dicha gestión.

Para la gestión 2021 se generó un excedente de producción por encima de la demanda de 28.157 t, aspecto que se refleja en un incremento de las exportaciones las cuales representan el 42% de la producción total.

Existen ciertas dificultades para poder establecer con exactitud el nivel de consumo de quinua en el país, esto debido al nivel de exportaciones ilegales que salen del país, principalmente, al Perú vía Desaguadero. Para este análisis se toma en cuenta el 20% sobre la producción como exportación ilegal (La Razón, 2011).

Consecuencia de este mercado ilegal, existen muchas diferencias en la medición del consumo per cápita pudiendo sobreestimar el consumo interno del grano, en el Gráfico I.12 podemos analizar la evolución del consumo per cápita a lo largo de las dos últimas décadas comparando resultados con y sin dicho mercado informal, resalta que a principios de siglo el consumo se encontraba por encima de 1 Kg/Persona teniendo un descenso en 2008, con una tendencia creciente hasta el 2015, dónde el consumo se sitúa por encima de los 3 Kg/Persona, siendo coherente dicho valor con el gran volumen de producción en dicho período, a partir de ese año existe un brusco descenso hasta el 2021 donde alcanza su punto mínimo por debajo del 1 Kg/Persona.

Gráfico I.12: Consumo per cápita (2000 – 2021)

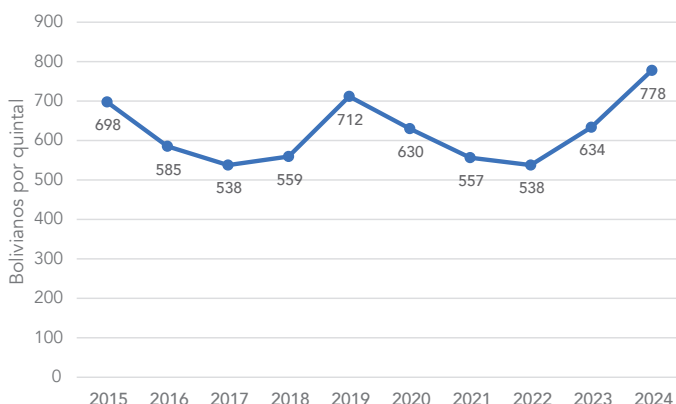


Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE.

El consumo de quinua está afectado por los precios, entre muchos otros factores, por lo cual su análisis es fundamental. Más adelante se encontrará un capítulo entero donde se hace un análisis a detalle de los precios de la quinua. No obstante, en esta sección se muestra un desglosado de cómo los mismos han ido cambiando, pero sólo para la Quinua Real.

Los precios de un quintal de este producto han variado de manera muy interesante. Entre 2015 y 2017, bajaron a los 538 bolivianos por quintal, para recuperarse nuevamente hasta 2019. No obstante, desde entonces volvieron a caer, llegando en 2022 nuevamente a 538 bolivianos por quintal (Gráfico I.13). Desde entonces, el precio se ha recuperado hasta llegar en enero 2024 a su máximo con 778 bolivianos por quintal. Estas variaciones en precios seguramente generaron cambios en el consumo de Quinua Real, como lo dicta la ley de la demanda, sin embargo, el efecto final a nivel de consumo es difícil de determinar, ya que otros factores también tienen influencia.

Gráfico I.13: Evolución de los precios de quintal de quinua (2015-2024)



Fuente: Elaboración propia en base al Mapa de Complejidades BDP.

1.6. Discusión y conclusiones

Tres son los departamentos que concentran la casi totalidad de la superficie cultivada de quinua en Bolivia: Oruro, Potosí y La Paz; los cuales representan más del 99% de la superficie cultivada de quinua en Bolivia. Si bien existen cultivos de quinua en otros departamentos, los mismos son realmente marginales frente a lo reportado en los departamentos del altiplano boliviano.

Las proyecciones realizadas mediante técnicas econométricas indican que la superficie cultivada de quinua en Bolivia aumentará anualmente entre un 2,3% y un 3,7% entre 2021 y 2030. Esto significaría un aumento en la superficie cultivada de 121.119 hectáreas en 2021 a un rango entre 148.404 y 166.333 hectáreas para 2030. La producción de quinua en Bolivia aumentará, en promedio, entre un 2,3% y un 5,5% en dicho período. En consecuencia, la producción de quinua aumentaría desde las 72.671 toneladas registradas en 2021 a un rango entre 89.219 y 113.356 toneladas en el año 2030. La proyección del rendimiento

de quinua indica aumentos en promedio entre 0% a 1,5% anual entre dichos años, por lo que se esperaría que al 2030 el rendimiento promedio alcance 0,7 t/ha.

Desde el punto de vista del rendimiento de la quinua, se ha visto que al ser los fenómenos meteorológicos aquellos que llegan a afectar más la producción, será importante desarrollar políticas que puedan ayudar a mitigar estos efectos o prevenir sus consecuencias. No obstante, será de igual forma relevante poder obtener información a mayor profundidad sobre los cambios tecnológicos y nuevas tecnologías aplicadas a la producción de este grano. Específicamente, considerando el fuerte problema de la desertificación de suelos y la disminución constante del rendimiento de los cultivos, se hará necesario desarrollar metodologías que permitan mantener un rendimiento rentable además de la salud de los ecosistemas, como se observará en capítulos posteriores.

La caída de los precios internacionales de la quinua ha afectado negativamente la producción y el consumo interno en Bolivia. La reducción de los ingresos ha desincentivado el cultivo de quinua, lo que ha llevado a una disminución en la producción y un excedente exportable. Esto destaca la vulnerabilidad de los productores bolivianos frente a los cambios en los precios internacionales.

La exportación de quinua ha representado un porcentaje significativo de la producción boliviana, alcanzando cerca del 60% en 2021. Sin embargo, también existe un mercado ilegal de exportaciones, lo que dificulta la medición precisa del consumo per cápita en el país. Esto señala la necesidad de fortalecer los controles y regulaciones para fomentar un comercio más transparente y justo.

El consumo per cápita de quinua en Bolivia ha experimentado cambios significativos a lo largo del tiempo. Apesar de un aumento en el consumo a partir de 2013, debido, por ejemplo, a la inclusión de productos a base de quinua en el subsidio de lactancia, se ha observado un descenso brusco desde 2015 hasta 2021. Esto puede deberse a diversos factores, como la disponibilidad de otros alimentos, cambios en los patrones de consumo y los precios relativos de la quinua en comparación con otros granos. Estos

cambios resaltan la importancia de comprender las preferencias y hábitos alimentarios de la población para impulsar el consumo interno de quinua en el país.

1.7. Referencias bibliográficas

Bolivia Emprende. (2022). En Santa Cruz presentan la primera variedad de quinua tropicalizada. Bolivia Emprende. <https://boliviaemprende.com/noticias/en-santa-cruz-presentan-la-primer-variedad-de-quinua-tropicalizada>

Gandarillas, H. (1982). El cultivo de la quinua Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. IBTA-CID, La Paz, Bolivia. 21 p.

Gandarillas A.; Rojas W.; Bonifacio A. & Ojeda N. (2014). Capítulo 5.1.a. La quinua en Bolivia: Perspectiva de la Fundación PROINPA. En: BAZILE D. et al. (Editores), Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 410-518.

INE. (2023). Estadísticas Económicas Agropecuarias. Agricultura. <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>

La Razón. (2011). El 20% de la quinua de Bolivia es ingresada ilegalmente al Perú. América Economía. <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/el-20-de-la-quinua-de-bolivia-es-ingresada-ilegalmente-al-peru>

Quispe, R., R. Saravia, G. Aduviri y C. Castillo. (2009). Clasificación de las especies del complejo ticona de la quinua en plagas clave y ocasionales. En: Memoria V Congreso Nacional de la Asociación Boliviana de Protección Vegetal - ABPV. 17 al 19 de junio de 2009. Sucre, Bolivia. pp: 45-49

Quispe, R., R. Saravia y F. Callizaya. (2021). Plagas de la quinua: Reconocimiento y ciclo de vida. Ficha técnica. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 4 p.

Rojas, W., J. Risi, A. Bonifacio y A. Gandarillas. (2015). El cultivo de quinua en Bolivia. Capítulo 2. En: J. Risi, W. Rojas y M. Pacheco (Editores 2015). Producción y mercado de la quinua en Bolivia. IICA La Paz, Bolivia. pp 33-72.

Saravia, R. y A. Bonifacio. (2014). Fases y etapas fenológicas del cultivo de la quinua. In: R. Saravia, G. Plata y A. Gandarillas (eds). Plagas y enfermedades del cultivo de quinua. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp 17 - 22.

Saravia, S., R. Quispe, M. Villca y V. Lino. (2014). El complejo noctuídeo. En: Saravia, R; Plata, G; Gandarillas, A. (Editores 2014). Plagas y enfermedades del cultivo de quinua. Cochabamba, BO, Fundación PROINPA. pp 26-48.

Saravia, R., C. Castillo, M. Pogue y A. Bonifacio. (2009). Identificación de lepidópteros asociados al cultivo de la quinua. En: Memoria V Congreso Nacional de la Asociación Boliviana de Protección Vegetal - ABPV. 17 al 19 de junio de 2009. Sucre, Bolivia. pp 97 – 99.

Saravia, R., Plata, G., Gandarillas, A. (2014). Plagas y enfermedades del cultivo de la quinua. Cochabamba, Bolivia, Fundación PROINPA; 148 p.

Soraide, D. (2014). La Quinua Real del Altiplano Sur de Bolivia. Documento técnico para la denominación de origen. Fundación FAUTAPO – Educación para el Desarrollo. Programa Complejo Productivo Altiplano Sur. Estado Plurinacional de Bolivia. 134 p.

Risi, J., Rojas, W., & Pacheco, M. (Eds.). (2015). Producción y mercado de la quinua en Bolivia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2574>

2.

ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA QUINUA

Genaro Aroni - Jorge Blajos - Alejandro Bonifacio - Wilfredo Rojas
Rolando Oros - Giovanna Plata - Reinaldo Quispe

Resumen

Bolivia es parte del centro de origen de la quinua, lo que representa una gran diversidad de ecotipos adaptados a distintas condiciones climáticas de las distintas regiones. Son extraordinarias las características agronómicas de la quinua, lo que le permite adaptarse a las condiciones más extremas de producción. Esto, junto con su calidad nutritiva, hacen del grano de la quinua un cultivo con el potencial de contribuir a la seguridad alimentaria de muchos habitantes del planeta.

A pesar de su rusticidad, la quinua es afectada por plagas, enfermedades y condiciones climáticas extremas. Los efectos del cambio climático están influyendo en la severidad de la afectación que, junto con cambios tecnológicos no apropiados, provocan el deterioro de los sistemas de producción.

Introducción

Existen problemas en la tecnología del sistema de producción; la degradación de los suelos por la erosión eólica, la sequía cada vez más frecuente por los efectos del cambio climático, el uso de maquinaria agrícola y prácticas locales que afectan la salud del

suelo y promueven el monocultivo, disminuyendo la productividad y la biodiversidad. A esto se suma la falta de asistencia técnica a los productores, riego, buenas prácticas agrícolas y biotecnología que permitan mejorar el rendimiento y la adaptación del cultivo a las condiciones adversas.

Objetivos

Describir el origen, características agronómicas, taxonómicas y morfológicas, analizar los principales factores limitantes que enfrenta el cultivo de la quinua.

Palabras clave: Diversidad genética, zonas de producción, bancos de germoplasma.

2.1. Origen, distribución, taxonomía y morfología de la quinua

Para entender los retos del sistema de producción de la quinua es necesario entender su origen, diversidad y características generales.

La quinua es el principal cultivo milenario del altiplano de Bolivia y Perú y fue el recurso alimenticio de las civilizaciones Tiahuanacota e Incaica que habitaron esta región. Actualmente, se cultiva en el altiplano y en valles interandinos de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, incluso el norte argentino.

La planta de quinua es altamente tolerante a factores ambientales adversos, tales como la sequía, heladas y salinidad del suelo. El cultivo prospera en suelos que son marginales para otros cultivos. Tal es el caso del altiplano sur de Bolivia, zona árida con precipitación anual entre 60 y 200 mm, donde, desde hace milenios, es el único cultivo que reporta cosechas aceptables. Vavilov (1997) menciona que la quinua es el único cultivo que prospera entre 4.000 a 4.200 metros de altitud.

La diversidad incluye el color de la planta (rojo, púrpura y verde) y del grano (rojo, rosado, anaranjado, amarillo, café, negro y blanco). El grano de quinua contiene saponina que es el compuesto

glucósido que le da sabor amargo y debe ser removido previo a su consumo, sin embargo, hay variedades que no tienen saponina (dulce). En todos los casos, para el consumo se debe lavar el grano para remover la saponina y los pigmentos que se encuentran en la capa externa. El grano lavado resulta en colores que pueden ser crema, blanco, rojo y negro.

2.1.1. Origen de la quinua

Vavilov (1992 y 1997) destacó como elementos claves para identificar centros de origen de un cultivo, las áreas donde existe mayor diversidad de la especie cultivada y la presencia de sus parientes silvestres. Los centros de origen eran considerados áreas relativamente pequeñas en donde se domesticaron varias especies, las que se encontraban en distintas regiones del mundo.

Según Obón y Rivera (2005), la teoría de los centros de origen de plantas, identifica los centros de diversidad como las áreas geográficas con alta densidad y variabilidad genética. Por su parte, Casas et al. (2019) sostienen que el centro de origen de una especie cultivada es el área geográfica en donde se inició su domesticación, donde existen plantas silvestres del mismo grupo taxonómico y similares al cultivo de interés.

La diversidad genética vigente, la presencia de sus parientes silvestres (*C. petiolare*, *C. carnosolum*, y *C. quinoa var melanospermum*), las grandes civilizaciones Tiahuanacota e Incaica, así como los descendientes de dichas civilizaciones vigentes actualmente, demuestran que la quinua se ha originado en el altiplano.

Ibarra y Querejazu (1986) señalan que en la comunidad de Llapallapani, municipio de Challapata, Oruro, encontraron parcelas pertenecientes al tipo de protoagricultura, ya que la quinua se sembraba removiendo el suelo en forma localizada haciendo hoyos donde se introducía un puñado de semillas. Los citados autores relacionaron a la técnica similar de siembra practicada por las culturas del desierto cuya antigüedad se remonta a 10.000 años a.C. Lo mencionado por Ibarra y Querejazu, en 1986, se refiere al método ancestral y tradicional de la siembra de quinua en hoyos

(cero labranzas) que aún se práctica en los ayllus del municipio de Chipaya (Blanes y Pabón, 2018). Similar técnica claramente derivada de lo mencionado anteriormente, constituye la siembra de quinua en hoyos tradicionalmente practicada en algunas comunidades de Nor Lípez, Llica y Salinas (sectores de ladera y cerro).

Tapia y Frías (2007) indican que la quinua fue domesticada hace 3.000 años por las culturas prehispánicas en los Andes. Por su parte, Arze et al. (2015) indican que fue domesticada en el período arcaico, aproximadamente 4.000 a.C. por la cultura Vizcachani, cuyo asentamiento principal fue en el altiplano de Oruro. Según Bonifacio (2022), los asentamientos arqueológicos similares a la cultura Vizcachani que han sido visitados, se encuentran en diferentes comunidades a lo largo del altiplano sur de Bolivia, entre ellas Chacala (municipio de Uyuni), Siwinqani, Alkaya, Jirira, Pucara (municipio de Salinas); Agencha y Llavica (municipio de Colcha-K), Orinoca (municipio de Andamarca), asumiéndose que hay muchos más sitios arqueológicos no visitados por investigadores y, por tanto, no conocidos.

Una vez domesticada la quinua, su cultivo y consumo fue extendiéndose a lo largo del altiplano y los Andes, es decir, abarcando las actuales zonas de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, norte de Argentina y llegando, inclusive, a la costa de Chile (Lescano, 1994). Por su parte, Mujica (2015), sostiene que fue domesticada posiblemente a partir de sus parientes silvestres, aproximadamente seis mil años a.C. por las culturas Tiahuanaco y Lupacas, en Perú. A partir de su centro de origen, la especie fue distribuida por frecuentes viajes interecológicos que realizaban los habitantes de los Andes y llevaban consigo la semilla de su interés.

2.1.2. Características agronómicas y de adaptación

Existen diversos factores que hacen de la quinua un cultivo de interés mundial frente a los efectos del cambio climático, es por su adaptación a diversos ambientes, rusticidad y tolerancia a factores abióticos que se constituye en una alternativa para contribuir a la alimentación en muchas regiones no sólo de los Andes sino del mundo.

La quinua, a pesar de estar asociada a ser un cultivo de altura, se encuentra en diferentes zonas agroecológicas de la región andina, ligada a diversos sistemas productivos (Risi y Rojas, 2015). Se siembra en zonas que van desde el nivel de mar o costa (0 a 500 m.s.n.m.), yungas (500 hasta 2.500 m.s.n.m.); valles interandinos (2.500 a 3.500 m.s.n.m.) y hasta el altiplano (3.500 a 4.000 m.s.n.m.); dando lugar al surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos (Gómez y Aguilar, 2016).

La quinua se cultiva dentro de un rango de 300 mm a 1000 mm, siendo el nivel de precipitación óptima de 500 a 800 mm (Gómez y Aguilar, 2016). Según la FAO (2011), en los Andes ecuatorianos es de 600 a 880 mm, en los Andes peruanos de 400 a 500 mm, en la zona del Lago Titicaca de 500 a 800 mm; sin embargo, en el altiplano sur de Bolivia la precipitación puede disminuir hasta niveles de 50 a 100 mm, condiciones en las que también se la cultiva; mientras que entre la octava y novena región de Chile las precipitaciones son superiores a 2000 mm y en condiciones del nivel de mar.

La quinua es una planta eficiente en el uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, obteniéndose producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm, dependiendo del tipo de suelo y la humedad almacenada. Sin embargo, según Gómez y Aguilar (2016), hay periodos críticos en los que la falta de humedad afecta la productividad, como en la germinación-emergencia, que determina el establecimiento del cultivo, y el estado de crecimiento y llenado del fruto que determina la productividad.

La tolerancia a la sequía, es a través de diversos mecanismos como su sistema radicular muy ramificado y profundo, a la reducción de su área foliar por eliminación de hojas en condiciones de estrés, presencia de vesículas conteniendo oxalato de calcio que es higroscópico y reduce la transpiración a través de la regulación de las células guardas, a sus pequeñas células con paredes gruesas que le permiten preservar la turgencia aún en severas pérdidas de agua y otros (Gómez y Aguilar, 2016).

La temperatura adecuada para el cultivo es de 15 a 20°C, pero soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C (FAO, 2011). Por otra parte, se reportó que las plantas de quinua toleran hasta -5°C cuando estas se encuentran en la etapa de formación del grano. Existen reportes que indican que la quinua sobrevive a -7,8°C en etapas iniciales en condiciones de Montecillo, México, que se encuentra a 2.245 metros sobre el nivel del mar (FAO, 2011).

Respecto al suelo, la quinua puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos, siendo los óptimos aquellos de buen drenaje, francos, semi profundos con un alto contenido de materia orgánica. Se debe evitar suelos con problemas de anegamiento o de inundación porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego, a lo largo del ciclo, propician la podredumbre radicular (Gómez y Aguilar, 2016). Según la FAO (2011) la quinua tolera suelos de diferente textura y pH, e incluso crece en suelos muy ácidos y fuertemente alcalinos.

2.1.3. Ciclo del cultivo y etapas fenológicas

2.1.3.1. *Ciclo de cultivo*

La duración del ciclo varía según la variedad de quinua, sin embargo, el factor genético también está influenciado por el ambiente. La quinua prospera en una amplia variedad de entornos marginales en términos de altitud, precipitación anual, temperatura y condiciones del suelo (Mizuno, 2020).

En Bolivia son 22 las variedades obtenidas por mejoramiento genético a través de hibridaciones o selección (Rojas et al., 2015). El ciclo de cultivo varía de 140 días para las variedades Intinayra y Jumataqui a 180-182 días para la variedad Surumi (Tabla II.1).

En el caso de las variedades de Quinua Real, el ciclo de cultivo varía de 140 días para la variedad Mañiqueña hasta 184 días para la Pisanqalla 3 Hermanos.

QR # II.1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al 'Catálogo de Quinua Real publicado el 2003.

QR # II.2



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al Catálogo Etnobotánico de la Quinua Real 2012.

El reto frente a los efectos del cambio climático en Bolivia y el mundo es obtener variedades de menos de 120 días con alta productividad y tolerancia a factores bióticos aprovechando genes de variedades cultivadas, pero también de las diferentes quinuas silvestres presentes en el altiplano intersalar.

2.1.3.2. *Fases fenológicas*

En base a la información específica de las variedades se puede decir que las fases fenológicas de la quinua son muy variables en tiempo de acuerdo a la variedad, pero también al fotoperiodo, temperatura y humedad del ambiente donde son cultivadas. Se ha encontrado variaciones importantes en la duración de las fases fenológicas de diferentes variedades, dependiendo del lugar donde se cultivan.

Las fases fenológicas son determinantes para el manejo de la quinua, permiten realizar de forma oportuna las labores del cultivo, ayuda en la identificación de épocas críticas, sobre todo, ante la ocurrencia de factores bióticos y abióticos (Tabla II.I).

Tabla II.I: Fases fenológicas del cultivo de quinua

Fase	Descripción	Problemas y prácticas	Rango en días
Emergencia	Las plántulas de quinua salen del suelo. Las hojas cotiledonales están protegidas por la episperma a manera de una cabeza de fósforo.	Aves, marchitez a la emergencia. Adultos del complejo ticonas (<i>Agrotis</i> , <i>Copitarsia</i>) Enterramiento por viento.	5 a 10 8 a 21
Dos hojas verdaderas	Por encima de las hojas cotiledonales se expanden la primera y segunda hoja verdadera de forma romboidal alargada en direcciones opuestas y perpendiculares a los cotiledones que aún permanecen verdes.	Gusanos cortadores de plantas tiernas (<i>Agrotis</i> , <i>Copitarsia</i>). Marchitez a la emergencia.	15 a 20
Seis hojas verdaderas	Tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas.	Aplicación de fertilizante foliar orgánico y un biofungicida o bioinsecticida.	35 a 45

Ramificación	Ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo. Las yemas formadas en las axilas de las primeras hojas se activan en forma secuencial. Las hojas cotiledonales se caen, presencia de inflorescencia protegida por las hojas; presencia de cristales de oxalato de calcio.	Aporque en las quinuas de valle. Etapa de mayor resistencia al frío, a partir de esta fase se puede presentar el mildiu (<i>Peronospora variabilis</i>).	45 a 50
Inicio de panojamiento	La inflorescencia emerge del ápice con aglomeraciones de hojas pequeñas que cubren a la panoja en sus tres cuartas partes. Aparición del primordio o botón floral en el ápice de la planta. Amarillamiento del primer par de hojas verdaderas y se produce una fuerte elongación y engrosamiento del tallo.	Cuando ocurren descensos severos de temperatura, la parte más sensible a las heladas. Ataque de la primera generación de la polilla <i>Eurysacca quinoae</i> .	55 a 60 38 a 95

Panojamiento	La inflorescencia sobresale por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos que forman parte de la panoja y los botones florales individualizados sobre todo los apicales. Se hace evidente la formación del eje principal, eje secundario y terciario.		65 a 70 50 a 121
Inicio de floración	Las flores hermafroditas apicales de los glomérulos se abren mostrando los estambres separados, anteras protegidas por el perigonio. Las hojas inferiores se defolian.	Mildiu y Moho Verde. La planta es bastante sensible a la sequía y a la helada.	75 a 80
Floración	El 50% de las flores de la inflorescencia principal se encuentran abiertas, existe abundante polen en los estambres de color amarillento.	Muy sensible a heladas, pudiendo tolerar sólo hasta -2°C. Si las temperaturas superan los 38°C se produce el aborto de las flores.	90 a 100 60 a 145

Grano lechoso	Los granos en plena formación al ser presionados entre las uñas dejan salir un líquido lechoso. Los granos empiezan a recibir fotosintatos y la sustancia acuosa es reemplazada con una sustancia lechosa. El color del fruto se diferencia al del perigonio sepaloide o envolturas florales y al de los ejes de la inflorescencia. El perigonio sepaloide se va abriendo a medida que el grano va engrosando, notándose los cinco tépalos separados, con apariencia de una estrella y donde se puede distinguir el color del pericarpio.	El déficit hídrico es perjudicial para el rendimiento, pudiendo dar lugar a granos pequeños o vanos.	100 a 130
Grano pastoso o masoso	Los granos al ser presionados presentan consistencia pastosa de color blanco tiene una apariencia de masa con una humedad aproximada de 45%.	Ataque de segunda generación de la polilla <i>Eurysacca quinoae</i> causa daños considerables al cultivo, consumiendo el grano.	130 a 160

Madurez fisiológica	Grano completo al presionar entre las uñas ofrece resistencia a la penetración. Contenido de humedad del grano puede variar de 14 a 16%. Amarillamiento completo de la planta y gran defoliación.	Enfermedades ocasionales como Mancha Ojival, Podredumbre Marrón, Mancha Foliar, Mancha Circular y Mancha Bacteriana.	160 a 180 119 a 209
---------------------	---	--	------------------------

Fuente: Elaboración propia.

2.1.4. Diversidad genética de la quinua

Para 2050, el mundo necesitará producir el doble de alimentos que lo generado en el 2000, pero tendrá que hacerlo con la misma cantidad de tierra, con menos agua y otros insumos. El cambio climático también está afectando el medio ambiente donde crecen los cultivos y les plantea a los agricultores y a la sociedad civil nuevos desafíos (FAO, 2010).

Los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA) en general y en particular aquellos que expresan una amplia diversidad y crecen en condiciones extremas como la quinua, son esenciales para ayudar a los agricultores a adaptarse a los desafíos actuales y futuros, principalmente ante la grave amenaza que el cambio climático representa para la diversidad vegetal y los conocimientos tradicionales asociados a ella.

La diversidad genética de los cultivos se constituye en un recurso estratégico y esencial para generar, a través del mejoramiento genético, nuevas variedades con características que permitan una mejor adaptación al cambio climático, a las necesidades de alimentación y a las exigencias del mercado.

Ante estas prioridades mundiales, la colección de genes y producción de quinua no es más una exclusividad de los países andinos y se cultiva en una diversidad de países. Lo que lleva a un análisis y reflexión de la sostenibilidad y rentabilidad de

la producción en los países tradicionales que pueden verse sobrepasados por la producción de grano en países desarrollados con nuevas variedades adaptadas a sus condiciones. Esto implica la paradoja de reducir las oportunidades para los productores y familias que fueron parte fundamental de su conservación y desarrollo.

Según Rojas et al. (2015) la conservación *ex situ* se lleva a cabo en bancos y colecciones de germoplasma, comprende una serie de etapas y procedimientos que requieren personal capacitado. Su técnica se basa en la búsqueda del máximo tiempo de almacenamiento con el mínimo de actividad fisiológica y el mínimo de pérdida de la viabilidad y germinación. La semilla de quinua ha sido clasificada de comportamiento ortodoxo (Ellis et al. 1988), por tanto, su viabilidad - longevidad puede ser mantenida de una manera previsible dentro de una gama de condiciones ambientales, a través de la reducción de la temperatura y de la humedad de las semillas. En la (Imagen II.1) se aprecia los países que cuentan con colecciones de germoplasma de quinua.

Imagen II.1: Países del mundo que conservan colecciones de germoplasma de quinua



Fuente: Rojas et al., 2015. Infografía: Adriana Alercia (FAO).

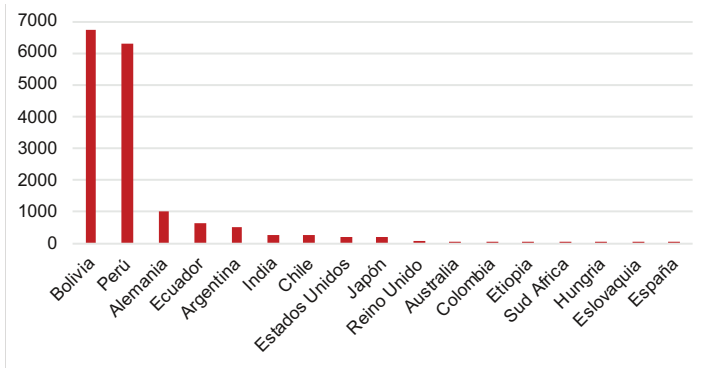
Con base en una actualización de la información sobre colecciones *ex situ* de quinua y sus parientes silvestres, realizada con el apoyo de la FAO, *Bioversity International* y expertos que trabajan con colecciones de quinua, se estima en 16.422 el número de

accesiones conservadas a nivel mundial de *Chenopodium quinoa*, *Ch. album*, *Ch. berlandieri*, *Ch. hircinum*, *Ch. petiolare*, *Ch. murale* y *Chenopodium* sp. (Rojas et al., 2015).

Son 30 países en el mundo que conservan quinua y sus parientes silvestres en 59 bancos de germoplasma de semillas. Estos son: 10 países en América (Argentina, Bolivia, Brasil, Canadá, Colombia, Chile, Ecuador, Estados Unidos, Perú y Uruguay), 11 en Europa (Alemania, Austria, Eslovaquia, España, Hungría, República Checa, Portugal, Reino Unido, Suecia, Turquía y Rumania), 5 en África (Etiopía, Kenia, Lesoto, Zambia y Sud África), 3 en Asia (India, Japón y Jordania) y Australia.

Entre los países de la región Andina, Bolivia y Perú son los que conservan la mayor diversidad, luego están Ecuador, Argentina y Chile. De los restantes 25 países del mundo, se destacan Alemania con 987 accesiones, India con 294, EEUU con 229 y Japón con 191 accesiones de quinua y sus parientes silvestres (Gráfico II.1).

Gráfico II.1: Número de accesiones de quinua que se conservan en diferentes países del mundo

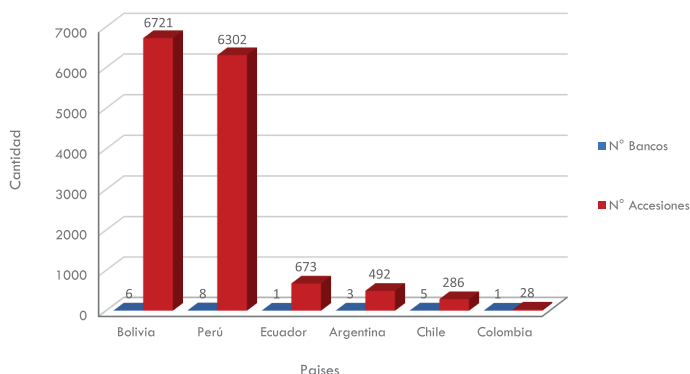


Fuente: Elaboración propia en base a Rojas et al., 2015.

2.1.4.1. *Bancos y colecciones de germoplasma de quinua en la región Andina*

En la región Andina desde la década de los 60, se inició la implementación de bancos de germoplasma, siendo los encargados de su manejo y conservación entidades relacionadas con el sector agrario y universidades de Argentina, Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador y Perú. De las 16.422 accesiones que se conservan a nivel mundial, son 14.502 las accesiones que se conservan en bancos de germoplasma de la región Andina, es decir, un 89,38%, donde las entidades de Bolivia y Perú son las que mayor variabilidad de quinua conservan en sus bancos de germoplasma (Gráfico II.2).

Gráfico II. 2: Número de accesiones y bancos de germoplasma que conservan quinua en los países de la región Andina



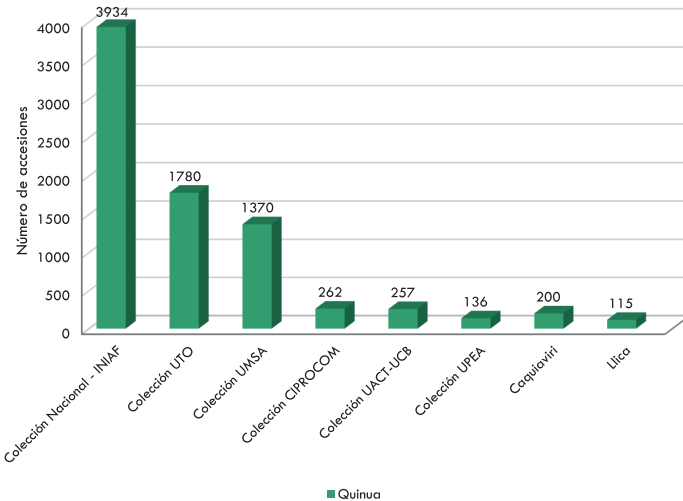
Fuente: Elaboración propia.

2.1.4.2. *Bancos y colecciones de germoplasma de quinua en Bolivia*

En Bolivia en total se conservan 8.054 accesiones de quinua. La colección nacional de germoplasma tiene 3.934 acciones, se encuentra bajo la responsabilidad del INIAF y su manejo y conservación se realiza en el Centro Toralapa. En orden de importancia, por el número de accesiones, la UTO está a cargo

de la segunda colección de quinua con 1.780 accesiones y se encuentra en el Centro de Investigación en Biotecnología y Recursos Fitogenéticos. La UMSA tiene bajo su responsabilidad una colección de 1.370 accesiones de quinua y se maneja en la Estación Experimental Choquenaira. El Centro de Investigación y Promoción Comunal (CIPROCOM) conserva 262 accesiones, la Unidad Académica Tiahuanacu de la UCB conserva 257 accesiones, en el Centro Experimental Kallutaca la UPEA maneja 136 accesiones, en el Instituto Técnico Caquiaviri se conservan 200 accesiones y en Llica se conserva una colección de 115 accesiones (Gráfico II.3).

Gráfico II.3: Número de bancos de germoplasma y accesiones de quinua que se conservan en Bolivia



Fuente: Elaboración propia en base a Risi y Rojas (2015).

2.1.4.3. *Historia y evolución de la colección nacional de germoplasma de quinua de Bolivia*

Según Rojas et al. (2010) en el primer catálogo sobre la colección de germoplasma que se publicó el 2001, se hace un resumen sobre la historia y evolución de la colección de quinua. El primer germoplasma de quinua y cultivos andinos organizado en la zona

andina fue en la Estación Experimental de Patacamaya en 1966 (Tapia, 1977), a iniciativa de Humberto Gandarillas, quien efectuó viajes de recolección en todo el altiplano y valles interandinos, con el apoyo financiero del Proyecto Bolivia II Oxfam - FAO y después con el apoyo del Instituto del Cultivos Andinos del Ministerio de Agricultura de Bolivia.

Posteriormente se amplió la colección con importantes donaciones que se recibieron de la Universidad Técnica de Oruro (56 accesiones) y 239 accesiones procedentes del Perú, donadas por el IICA, completando la colección a 1.375 accesiones. Producto de evaluaciones de este material en la Estación de Patacamaya, se dio origen al establecimiento y descripción de 17 razas de quinua (Gandarillas, 1968). Luego, a fines de la década del 60 y principios de los 70 se recibieron en calidad de donación e intercambio 446 accesiones del Perú, entre ellas, 131 accesiones correspondientes a selecciones masales de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno. En este mismo periodo se reportó una recolección de 159 accesiones entre cultivadas y silvestres en el altiplano centro de Bolivia (La Paz y Oruro) y una recepción de 65 accesiones colectadas por la OEA, sin datos de registro y fecha de recolección.

Si se suman los números reportados a mediados de la década del 70, la colección de quinua y cultivos andinos debería tener 2.045 accesiones, sin embargo, en ese entonces se decidió excluir de la colección los cultivos de papa, oca y papalisa, además se produjeron pérdidas de material genético por lo cual se hizo una reasignación de la numeración de las accesiones del germoplasma de quinua, reportándose en ese entonces 1.458 accesiones. Posteriormente, Waldo Tellería efectuó una colecta en el departamento de Oruro, llegando con ello la colección de germoplasma a 1.472 accesiones.

En 1978 se recibió en calidad de donación accesiones del norte de Argentina y la colección se extendió a 1.487 accesiones, en el mismo año, Humberto Gandarillas efectuó recolecciones por el altiplano y valles interandinos del país, además de reportar el ingreso de tres accesiones de México, con lo cual la colección de germoplasma alcanzó a 1.516 accesiones. Posteriormente, en 1981 Humberto Gandarillas, Gualberto Espíndola y Florencio

Zambrana efectuaron diferentes viajes de recolección en el país incrementando la colección a 1.752 accesiones. En 1982 se registró el ingreso de ocho accesiones procedentes del Ecuador (INIAP) y una del norte de Chile, extendiéndose el germoplasma a 1.761 accesiones.

Entre 1983 y 1985, se efectuaron varias colecciones en el país donde participaron Humberto Gandarillas, Gualberto Espíndola, Raúl Saravia, Alejandro Bonifacio, Emigdio Ballón, Germán Nina y Estanislao Quispe, con lo cual la colección se extendió a 1.985 accesiones; en ese mismo lapso de tiempo se reportó también el ingreso de variedades de quinua provenientes de Perú, Ecuador, Chile y México. Luego, en 1987, se recibió la donación de una accesión procedente del norte argentino y en 1989 se reporta la recolección en el altiplano centro de 15 accesiones por Guillermo Prieto, Raúl Saravia y Alejandro Bonifacio, extendiéndose la colección a 2.001 accesiones.

En 1992, el germoplasma registraba 2.012 accesiones, estas últimas (11 accesiones) sin datos de procedencia. El mismo año se incorporan 20 accesiones procedentes del altiplano sur y centro, cuyos colectores fueron Gualberto Espíndola, Genaro Aroni y Juan Tupa.

En 1993, se recibió en calidad de donación 54 accesiones procedentes de Cochabamba de parte de la ONG Wiñay Siway, Cooperativa Integral de Servicios Punata, Radio Esperanza y Segundo Alandia, y cuatro accesiones procedentes del Ecuador de parte del INIAP, alcanzando el germoplasma a 2.090 accesiones. En el mismo año, la Subestación Mañica (Potosí) del IBTA a través de Severino Bartolomé efectuó una recolección de 147 accesiones (cultivadas y silvestres), asimismo, se incorporó 182 accesiones (material silvestre y líneas avanzadas amargas y dulces) del área de mejoramiento del Programa Nacional Quinua - IBTA, extendiéndose la colección de germoplasma a 2.419 accesiones.

En 1994, Wilfredo Rojas, Nicolás Monasterios y Gualberto Espíndola, efectuaron una colecta de nueve accesiones del altiplano sur y nueve accesiones de la provincia Pacajes de La

Paz; también se efectuó un intercambio con la Escuela Técnica de Caquiaviri y, producto de ello, se incorporaron 65 accesiones. Asimismo, se recibió en calidad de donación nueve accesiones del INIA Perú, con lo que la colección alcanzó a 2.511 accesiones. En 1995 se incorporaron a la colección 24 accesiones, principalmente variedades y líneas mejoradas y el germoplasma alcanzó a 2.535 accesiones.

A partir del trabajo realizado por la Fundación PROINPA, se llevaron a cabo colectas complementarias y planificadas. En 1998 se incorporaron 12 líneas avanzadas procedentes del área de mejoramiento y se registró el ingreso de 56 accesiones recolectadas del altiplano sur por Alejandro Bonifacio. En 1999 se incorporaron 13 accesiones del ensayo mundial de quinua, con procedencia del Perú, Ecuador, Inglaterra, Holanda y Dinamarca, y se recolectaron 85 accesiones en los altiplanos norte, centro y sur, alcanzando el germoplasma a 2.701 accesiones (Rojas et al. 1999).

Entre el 2000 y 2002 se incorporaron 135 accesiones alcanzando la colección de germoplasma a 2.836 accesiones, de las cuales 107 fueron recolectadas mediante el método de colecta descentralizada con el apoyo del proyecto NUS IFAD (Rojas, 2002). Asimismo, en el 2002-2003 se recolectaron 113 accesiones también con el apoyo del proyecto NUS IFAD y la colección de quinua alcanzó a 2.949 accesiones (Rojas et al. 2003).

En el 2003-2004 se recolectaron 172 accesiones alcanzando la colección de germoplasma a 3.121, se aplicó también el método de colecta descentralizada a través del proyecto "Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos andinos, en el marco del SINARGEAA" (Rojas y Pinto, 2004).

En el periodo 2005 a 2009, en el marco del UNEP-GEF *In situ conservation of crop wild relatives through enhanced information management and field application* se hicieron colectas de germoplasma de quinua silvestre, llegando a 2.142 y, posteriormente, con el proyecto "Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos andinos, en el marco del SINARGEAA", se alcanzó las 3.178 accesiones.

A solicitud del Estado de Bolivia, según Rojas et al. (2010), en el ciclo agrícola 2009-2010 se ha concretado la transferencia del Banco de Germoplasma de Granos Andinos al INIAF. La entrega fue notariada, registrando en detalle el estado de conservación de cada accesión, así como la documentación relacionada (base de datos, publicaciones, protocolos y otros), y materiales y equipamiento base para la conservación. La transferencia incluyó, además, el entrenamiento al personal del INIAF para que continúen con la administración del banco. Esta situación cierra una etapa muy importante de PROINPA en la administración del Banco Nacional de Germoplasma de Granos Andinos por 12 años.

Una vez que la colección nacional pasó bajo la responsabilidad del INIAF, a partir de julio de 2010 apoyado en el D.S. 29611 del 25 de junio de 2008 y ampliado por el D.S. 2454 del 15 de julio de 2015, se continuó con los trabajos de adquisición de germoplasma a través de colectas, intercambio y donación, llegando en el 2023 a 3.934 accesiones. La base de datos de la colección nacional de quinua se encuentra bajo el sistema GRIN Global, y se puede acceder en línea a través del siguiente QR:

QR # II.3



Ingresando al siguiente código QR
podrá acceder al sistema GRIN Global.

2.2. Factores limitantes de la producción de quinua (bióticos y abióticos)

2.2.1. Manejo de plagas de la quinua

Las zonas de producción tienen diferentes problemas entre los que se encuentran factores abióticos —heladas, sequía, granizadas, vientos, salinidad, etc.— y también factores bióticos —plagas y enfermedades—. En esta sección se describen a detalle los factores bióticos que afectan al cultivo de la quinua.

Según la FAO (2016), se entiende por plaga como: cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal, o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales. Entre las plagas que atacan al cultivo de la quinua están insectos, enfermedades —hongos, bacterias y virus—, aves, roedores y malezas. Sin embargo, en el presente acápite se prioriza a los insectos, plagas y enfermedades.

2.2.1.1. “Ticona” de la quinua

Nombre científico: *Helicoverpa quinoa*

Nombre común

Español: “Ticona” o Noctuido de la quinua

Quechua: “Ticuchi”, “Burro laqo”, “Pando”

Descripción

Adulto

Mariposa nocturna con cuerpo de color café claro pajizo variando en su intensidad, resalta el color de sus ojos que son verde claro, su tamaño con expansión alar alcanza a $34,9 \pm 0,8$ mm. Su ala anterior en vista dorsal es de color café claro con ligeros tintes amarillos verdosos, con una mancha circular negra en la parte media y una banda gris que ocupa el borde del ala. El ala posterior en vista dorsal es blanquecina con mancha oscura en la parte media y franja oscura en su borde distal (Imagen II.2).

Imagen II.2: Adultos de la "Ticona" de la quinua



Fuente: Quispe et al. 2021.

Larva

Presenta colores que varían desde amarillo, verde claro café claro a negro, puede alcanzar un tamaño de 30 a 35 mm de longitud en su último estadio de desarrollo. Tiene cabeza de color verde a café oscuro, y en su cuerpo presenta tres bandas dorsales oscuras y una banda lateral blanquecina (Imagen II.3).

Imagen II.3: Larvas de la "Ticona" de la quinua



Fuente: Quispe et al. 2021.

Comportamiento y daño causado por el adulto

La ticona tiene hábitos crepusculares y nocturnos, es usual observar al final de la tarde adultos de *Helicoverpa* en las parcelas de quinua realizando vuelos cortos entre las plantas para la oviposición. También se las puede observar de día alimentándose del néctar de plantas silvestres (chachakoma, botón de oro, malva, etc.). En este estado no causan daño directo a la quinua (Imagen II.4.).

Imagen II.4: Adulto de ticona



Fuente: Saravia et al. 2014.

Comportamiento y daño causado por la larva

Las larvas al eclosionar se alimentan de brotes y hojas tiernas, pudiendo cortar las plántulas de quinua cuando están más grandes en su primera generación entre octubre a diciembre cuando las plantas están en la fase fenológica de hojas verdaderas y ramificación. En cambio, en su segunda generación, cuando las plantas están en la fase de grano lechosos y masoso, entre febrero y marzo, se alimentan de los granos de quinua en desarrollo y maduros.

2.2.1.2. Polilla de la quinua

Nombre científico: *Eurysacca quinoae* Povolný, (Gelechiidae: Lepidóptera)

Nombre común

Español: Polilla de la quinua

Quechua: "Ticuchi", "Burro laqo", "Pando"

Es de color gris parduzco, de aspecto alargado, su tamaño varía entre 6 a 9 mm y tiene una expansión alar de 14 o 16 mm; su cabeza es relativamente pequeña, la cual está cubierta por abundantes escamas en la cara, frente y vértex; las antenas son filiformes y recubiertas por finísimas escamas; palpos labiales anchos, curvados hacia adelante y arriba, estos apéndices son bastante desarrollados (Imagen II.5).

Imagen II.5: Adultos de la polilla de la quinua



Fuente: Quispe et al. 2021.

Las larvas son del tipo eruciforme con tres pares de patas torácicas y cinco pares de patas abdominales, con el aspecto cilíndrico, alargado. Las recién eclosionadas son diminutas de color blanco pálido o crema, con la cápsula cefálico café y miden 0,8 a 1,2 mm de longitud, a medida que van creciendo la coloración varía de un amarillo opaco a una tonalidad verde oscuro, sobre todo en la región del pronoto, (Imagen II.6).

Imagen II.6: Larvas de la polilla de la quinua



Fuente: Quispe et al. 2021.

Comportamiento y daño causado por la polilla adulta

La infestación de los adultos de polilla en los campos de quinua ocurre cuando emerge de la pupa y los adultos existentes de campo despiertan de la diapausa. Esta especie tiene una actividad nocturna y crepuscular, la postura de huevos la realiza en los glomérulos tiernos y axilas de las inflorescencias de la quinua, los cuales son colocados en grupos de 2 hasta 12 huevos, que permanecen unidos por una sustancia mucilaginosa. El número de huevos es de 200 por hembra, sin embargo, se ha registrado hasta 300 huevos como máximo (Imagen II.7).

Imagen II.7: Postura de huevos por polilla



Fuente: Quispe et al. 2021.

Comportamiento de la larva

Las larvas eclosionadas se alimentan del parénquima de las hojas y posteriormente atacan la inflorescencia, destruyendo los granos de quinua. Una característica de las larvas es su modo de desplazamiento rápido, se observó también que el ataque de esta plaga es más intenso en períodos de sequía, con temperaturas relativamente altas. El ataque de esta plaga puede prolongarse en las parvas durante el secado de las plantas, por tanto, las larvas de la última generación son las que ocasionan los mayores daños económicos al cultivo de la quinua (Imagen II.8).

Imagen II.8: Daño causado por larva



Fuente: Quispe et al. 2021.

2.2.1.3. *Damping off*

Nombre científico: *Pythium sp.*, *Fusarium sp.* *Rhizoctonia sp.* *Peronospora variabilis*

Nombre común: Muerte de plantas a la emergencia, ahogamiento

En campo se manifiestan como una emergencia irregular poco percibida por los agricultores que generalmente la atribuyen a otros problemas —suelo, salinidad o falta de humedad— (Imagen II.9.).

Imagen II.9: Campo de quinua afectado por *Damping off*



Fuente: Saravia y Bonifacio (2014).

La enfermedad se manifiesta en la fase cotiledoneal (emergencia), se observa un estrangulamiento a la altura del cuello de la planta, que impide la circulación de nutrientes y agua hacia el tallo, y se produce la caída masiva de las plántulas, dejando manchones vacíos los cuales se harán notorios cuando las plantas estén grandes (Imagen II.10).

Imagen II.10: Plantas de quinua afectadas por *Damping off*



Fuente: Saravia y Bonifacio (2014).

Una vez que se presenta la enfermedad esta se queda en el suelo adherida a las raíces y tallos de las plantas muertas, como estructuras de conservación (oosporas en *Peronospora* y *Pythium*, clamidosporas en el caso de *Fusarium* y esclerocios para *Rhizoctonia*).

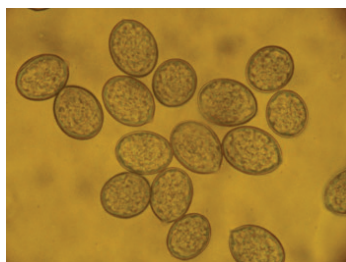
2.2.1.4. Mildiu de la quinua

Nombre científico: *Peronospora variabilis*

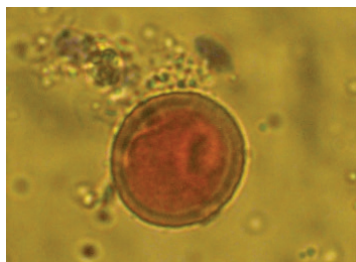
Nombre común: Mildiu o amarillamiento de la quinua

Peronospora variabilis es un oomiceto de fácil dispersión (viento y lluvia), durante el desarrollo del cultivo las estructuras de diseminación son principalmente esporas (estructuras de reproducción asexual), en cambio a la senescencia o ausencia de cultivo la enfermedad se disemina mediante oosporas (estructuras de reproducción sexual) que pueden estar adheridas a la superficie del grano o en el interior del rastrojo que se queda en el campo. Por lo tanto, la diseminación a cortas distancias es mediante esporas y a largas distancias bajo la forma de oospora (Imagen II. 11).

Imagen II.11: Esporas y oospora del mildiu de la quinua



a) Esporas



b) Oospora

Fuente: Saravia y Bonifacio (2014).

El síntoma característico es una esporulación grisácea en el envés de las hojas, que dependiendo de la variedad en el haz se observa manchas de diferente coloración: amarillas, rojizas, rosadas o marrones (Imagen II.12).

Imagen II.12: Hojas de quinua afectadas por mildiu



Fuente: Saravia y Bonifacio (2014).

El principal efecto de la enfermedad sobre la planta es la reducción del área foliar fotosintéticamente activa causando defoliación parcial o total. Las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad son alta humedad relativa (80%) y temperaturas entre 18 a 22 °C; aunque se ha observado que días con alta nubosidad también favorecen al crecimiento del micelio y la posterior formación de esporas; sin embargo, estos procesos pueden interrumpirse al presentarse periodos prolongados de insolación y sequía.

En otros pisos ecológicos se presentan otras enfermedades debido a que las condiciones ambientales no son tan secas como el salar de Uyuni. Para conocerlas, estas se encuentran descritas en el documento de *Plagas y enfermedades del cultivo de la quinua* (Saravia, Plata y Gandarillas, 2014).

QR # II.4



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al documento *Plagas y enfermedades del cultivo de la quinua* (Saravia, Plata y Gandarillas, 2014).



2.2.2. Factores abióticos limitantes en el cultivo de quinua

En Bolivia la agricultura en general, y la que se cultiva en el altiplano en particular, está expuesta a diversos factores climáticos adversos como la sequía, heladas, viento, granizo, salinización y erosión del suelo, acentuado desde el año 2000 probablemente como efecto del cambio climático. Sin embargo, la quinua soporta condiciones climáticas extremas en varias regiones de su área de distribución, especialmente en el altiplano sur de Bolivia, el norte de Chile y noroeste de Argentina. En el altiplano sur, el cultivo enfrenta sequías frecuentes debido a la precipitación baja e irregular y la alta demanda evaporativa, además de una alta probabilidad de heladas y radiación solar extrema debido a la altitud elevada. Los efectos que manifiesta la quinua al estrés abiótico, respecto al crecimiento y desarrollo, como las respuestas a nivel de follaje y sistema radicular aún faltan ser comprendidas en su totalidad (Bertero et al. 2004).

2.2.3. Factores abióticos adversos

A continuación, se describen algunos de los factores abióticos adversos que enfrenta la quinua para su desarrollo.

2.2.3.1. Sequía

La sequía agrícola es de carácter estacional, relativo a la duración del desarrollo fenológico de los cultivos. Se caracteriza por humedad insuficiente en forma natural en el suelo, que se manifiesta por desarrollo vegetativo menor o nulo, lo que se refleja en disminución de los rendimientos (Velasco et al., 2005). Las plantas frente a la sequía cambian o modifican sus procesos fisiológicos fundamentales, tales como la fotosíntesis, la respiración, el ahorro de agua interno, y el metabolismo de hormonas y el de compuestos antioxidantes. Dichas respuestas implican, además, cambios en el crecimiento de los brotes y las raíces y, en algunos casos, una fuerte modificación del ciclo de vida, la arquitectura y la productividad de las plantas.

Según Zurita-Silva et al. (2014), la quinua es eficiente en el uso de agua, a pesar de ser una planta C3, posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no sólo escapar a los déficits de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo en años más o menos secos de 300 – 500 mm de agua. Además, posee una capacidad excepcional para enfrentar la escasez de agua sobre la base de su bajo requerimiento de agua intrínseco, y la característica de recuperar rápidamente el nivel fotosintético y área foliar específica después de un período de sequía. Como estrategia para evitar la sequía, reduce el área foliar por desprendimiento de hojas, y a nivel celular presenta paredes pequeñas y gruesas que preservan la turgencia, incluso después de severas pérdidas de agua. Asimismo, según Mujica et al. (2001), las principales modificaciones que se registran en la quinua son:

- Morfológicas, menor tamaño de planta y hojas más pequeñas, menor número de hojas, reducción de área foliar mediante eliminación de hojas, mayor concentración de cristales de oxalato alrededor de los estomas, doblado de la planta protegiendo la panoja, etc.
- Fisiológicas, cierre estomático prematuro, mayor resistencia estomática, plasticidad en el desarrollo, pronta recuperación después de un período de sequía, baja tasa transpiratoria, pronta recuperación de tejidos y clorofila al rehidratarse la planta, mayor retención de humedad atmosférica en las hojas, ajuste osmótico, tolerancia a la sal, etc.
- Anatómicas, mayor desarrollo radicular aumentando la densidad y profundidad de las raíces, menor tamaño de los estomas, mayor número de estomas en el envés de las hojas, etc.
- Fenológicas, pronto desarrollo radicular en las primeras etapas del crecimiento, desarrollo fenológico rápido, acortamiento del período de floración.
- Bioquímicas, presencia de cristales de oxalato de calcio en hojas tallos y panojas, mayor termoestabilidad de la clorofila, mayor estabilidad de proteínas y ácidos nucleicos en condiciones de calor, mayor producción de ácido abscísico (ABA), etc.

También se ha demostrado que posee una alta eficiencia fotosintética, que se mantiene a pesar del déficit hídrico. La tolerancia de la quinua ha sido atribuida, además, a su sistema radicular ramificado y profundo que penetra hasta 1,5 metros en suelos arenosos. La quinua puede escapar de la sequía mediante precocidad o acortando el ciclo del cultivo, lo cual es muy importante en áreas donde el riesgo de sequía aumenta hacia el final de la temporada de crecimiento (sequía terminal) (Álvarez-Flores, 2012). Esto hace que sea muy apta para el cultivo en regiones áridas y semiáridas. Por ejemplo, se ha cultivado con éxito en India, Marruecos, Egipto y Mali, en condiciones de riego muy limitado o bien dependiente de precipitaciones escasas.

2.2.3.2. Heladas

En el sector agrícola las heladas son eventos climáticos que afectan las plantas de manera física e irreversible, sus efectos negativos se deben a la congelación del agua dentro de la planta, lo que puede llegar a la formación de hielo extracelular e intracelular. La formación de hielo extracelular consiste en la congelación fuera del tejido de la planta lo que provoca deshidratación, daño en el tejido que puede llegar a ser irreversible debido al mal funcionamiento de las células durante toda su etapa de crecimiento, provocando, en algunos casos, muertes en algunas hojas y en otros la muerte total de la planta y el cultivo (Snyder et al. 2010).

La presencia de heladas es uno de los principales factores limitantes de la producción de quinua. Los porcentajes de daño y mermas en el rendimiento por causa de las heladas varían de 52 a 95% (Imagen II.13). Las heladas ocurren normalmente entre las 12 pm y 6 am, y tienen una duración de 1 a 6 horas (Mujica et al. 2001). Las heladas radiactivas y conectivas son las más comunes y se presentan como heladas blancas y negras, respectivamente. La helada blanca se produce cuando hay alta humedad relativa y se alcanza el punto de rocío. En este tipo de heladas el vapor de agua se condensa y se congela sobre la superficie de la hoja, un cambio de fases que produce desprendimiento de calor por lo que la temperatura del ambiente se enfría lentamente. Este tipo de helada causa relativamente poco daño en la naturaleza (Ruiz y Bertero, 2008).

Imagen II.13: Plantas de quinua afectadas por helada.



Fuente: M. Villca.

En la zona del altiplano, las heladas son uno de los principales factores que limitan la agricultura del occidente del país. Sin embargo, en general, la quinua es menos afectada que la mayoría de los cultivos, pero sus mecanismos específicos de resistencia al frío son poco conocidos. Algunos parámetros que afectan el rendimiento y la sobrevivencia han sido fijados, como el contenido de azúcares solubles, proteínas y prolina, con el fin de desarrollar criterios para la selección de genotipos y generar cultivares con mayor resistencia al frío. Según Zurita-Silva y Ruiz (2015), las plántulas de quinua de dos hojas verdaderas provenientes de cultivares del altiplano peruano (3.800 m.s.n.m.) toleran temperaturas de -8°C por cuatro horas, mientras que otro cultivar de los valles andinos toleran la misma temperatura durante dos horas solamente. A -4°C la tasa de mortalidad de plántulas se incrementa desde 25% con humedad relativa alta, hasta 56% con humedad relativa baja (Jacobsen et al. 2003).

El efecto de la helada sobre el rendimiento de la quinua varía dependiendo del estado de desarrollo de la planta: con temperaturas de -4°C aplicadas en dos hojas verdaderas, el rendimiento en grano disminuye un 9% comparado al control en plantas no expuestas al frío. En cambio, el mismo tratamiento aplicado en los estados de 12 hojas verdaderas y floración, reduce los rendimientos en 51 y 66%, respectivamente, indicando que el frío durante dos horas o más durante antesis causa un daño significativo. En general, un nivel adicional de azúcares solubles implica una mayor tolerancia al frío, resultando en mayores rendimientos. Este mismo grupo de investigadores determinó que la quinua presenta capacidad de sobre-enfriamiento (*supercooling*), mecanismo que previene el daño inmediato por temperaturas congelantes, permitiendo evitar la formación de hielo mediante la acumulación de azúcares solubles como glucosa y la prolina, los cuales provocan una disminución en el punto de congelamiento, contribuyendo al sobre-enfriamiento y a disminuir la temperatura letal de la quinua (Zurita-Silva y Ruiz 2015).

2.2.3.3. Salinidad

Según Lamz y González (2013), el término salinidad se refiere a la presencia en el suelo de una elevada concentración de sales que perjudican a las plantas por su efecto tóxico y la disminución del potencial osmótico del suelo. La situación más frecuente de salinidad es por la presencia de cloruro de sodio, pero los suelos salinos suelen presentar distintas combinaciones de sales, siendo comunes los cloruros y los sulfatos de sodio, calcio y magnesio (Imagen II.14).

Imagen II.14: Plantas de quinua en suelo salino



Fuente: M. Villca.

La tolerancia a la salinidad del suelo por la quinua podría deberse a la amplia variabilidad genética de ecotipos adaptados a los salares, altiplano, valles y tierras bajas. Según la literatura, se ha estudiado y comparado diferentes genotipos de quinua por su respuesta a condiciones de salinidad, demostrando que este es un rasgo complejo y multigénico. La quinua ha mostrado una elevada tolerancia a condiciones de salinidad moderada a alta, siendo capaz de formar semillas incluso en solución de Cloruro de Sodio con conductividad eléctrica (EC) de 42,2dS/m (similar al agua de mar), demostrando su naturaleza halófito, o sea, de plantas que crecen de manera natural en áreas afectadas por salinidad en raíces y/o brotes. Los mecanismos de tolerancia a la salinidad presentes en esta especie involucran complejas respuestas a nivel morfológico, fisiológico y molecular, ya que deben enfrentar los dos principales efectos provocados por la salinidad: el osmótico o sequía fisiológica, y el iónico o acumulación de sales en los tejidos. Asimismo, la tolerancia a la salinidad se asocia a la acumulación de prolina en genotipos más tolerantes (Zurita-Silva y Ruiz 2015).

2.3. Discusión y conclusiones

La riqueza de la diversidad genética de la quinua debe seguir siendo estudiada y junto con ella se debe estudiar la diversidad de especies vegetales, animales, microorganismos e insectos que forman parte del ecosistema de producción. De esta manera se podrán desarrollar estrategias de producción que favorezcan la agroecología y la conservación de la fertilidad de los suelos.

Mediante la incorporación de nuevas tecnologías y estrategias, como la integración de estudios fisiológicos, agronómicos y genómicos, todo el potencial de la variabilidad genética de la quinua se podrá utilizar para generar nuevas variedades más tolerantes a condiciones ambientales desfavorables (Zurita-Silva et al. 2014). Las características de la quinua que le permiten crecer en ambientes adversos, hacen de esta especie un modelo excepcional para la investigación de los mecanismos fisiológicos, morfológicos, celulares y moleculares de la tolerancia al estrés abiótico —sequía, frío, salinidad— en las plantas en su conjunto. Los resultados de estas investigaciones contribuirán a desarrollar nuevas variedades que favorecerán a la seguridad alimentaria, enfrentando las condiciones adversas que imponen las oscilaciones generadas por los efectos del cambio climático.

2.4. Referencias bibliográficas

Alvarez-Flores RA. (2012). *Responses morphologiques et architecturales du systeme racinaire au déficit hydrique chez des Chenopodium cultivés et sauvages d’Amerique andine*. Tesis de Doctorado. Universite Montpellier2. Montpellier, Francia. 114p.

Arze, S; Lima, P; Medinacelli, X. (2015). Bolivia, su historia (Tomo I): Cuadro cronológico de culturas prehispánicas. La Paz, Bolivia, Plural ediciones. 171 p.

Bertero H.D, A.J, de la Vega, G. Correa, S.E. Jacobsen y A. Mujica. (2004). *Genotype and Genotype-by-environment Interaction Effects for Grain Yield and Grain Size of Quinoa Chenopodium Quinoa Wiild. As Reveled by Pattern Analyses of International Multi-environment Trials*. In. Field Crop Research 89 (2004) 299-318.

Blanes J. y Pabón E. (2018). *Qnas soñi* (hombres del agua) Chipaya: Entre tradición y tecnología, Tower Editorial y Artes Gráficas, La Paz, Bolivia. 178 p.

Bonifacio, A. (2022). La diversidad de especies leguminosas, arbustos y pastos multipropósito del agroecosistema de la quinua en el altiplano árido de Bolivia. Tesis de Ingreso Académico de Número. Academia Nacional de Ciencias de Bolivia. La Paz, Bolivia. 58 p.

Bonifacio A.; Aroni, G.; Villca, M. (2012). Catálogo etnobotánico de la Quinua Real. Fundacion PROINPA, Poligraf, Cochabamba, Bolivia. 122 p.

Casas, A; Torres, I; Parra, F; Torres, J. (2019). Centros de origen y diversificación de plantas cultivadas en América. Universidad Nacional Autónoma de México. (en línea). Consultado 28 nov 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/336107495_CENTROS_DE_ORIGEN_Y_DIVERSIFICACION_DE_PLANTAS_CULTIVADAS_EN_AMERICA

Ellis, R. H., Hong, T. D. and Roberts, E. H. (1988). *A Low-moisture-content Limit to Logarithmic Relations Between Seed Moisture Content and Longevity*. Annals of Botany 61.

FAO. (2010). El Segundo Informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 372 p.

FAO. (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 58 p.

FAO. (2016). Glosario de términos fitosanitarios NIMF 5. Roma. 41 p.

Gandarillas, H. (1968). Razas de quinua, Ministerio de Agricultura, La Paz, Bolivia. 53 p. Boletín Experimental número 34.

Gandarillas, H. (1982). El cultivo de la quinua Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. IBTA-CID, La Paz, Bolivia. 21 p.

Gandarillas A.; Rojas W.; Bonifacio A. & Ojeda N. (2014). Capítulo 5.1.a. La quinua en Bolivia: Perspectiva de la Fundación PROINPA. En: BAZILE D. et al. (Editores), Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 410-518.

Gómez, L., E. Aguilar. (2016). Guía de cultivo de la quinua. FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina Lima – Perú. 121 p.

Ibarra D. y Querejasu R. (1986). 30.000 años de prehistoria en Bolivia: La primera agricultura americana, pre-cerámica. Editor Rolando Díez de Medina. La Paz, Bolivia, 194 p.

Jacobsen S, A Mujica y CR Jensen. (2003). *The Resistance of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) to adverse abiotic factors*. Food Reviews International 19: 99-109.

Lamz A y M González. (2013). La salinidad como problema en la agricultura: La mejora vegetal una solución inmediata. En cultivos tropicales, vol. 34, núm. 4, pp. 31-42. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.

Lescano J.L. (1994). Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos quinua, kañiwa, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Programa Interinstitucional waru waru, Convenio INADE/PELT-COTESU, Producciones CIMA, Puno, Peru. 459 p.

Mujica, A. (2015). El origen de la quinua y la historia de su domesticación. Tierra Adentro (INIA-Chile) 108:15-17. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/5408> (Consultado: 23 julio 2023).

Mujica, A, J. Izquierdo, E Jacobsen. (2001). Resistencia a factores adversos de la quinua. En: Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*). Ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro. Fernández, Mujica, Jacobsen, Marathe, Moron (Eds.). 2001 Cultivos andinos. CD versión 1.0. FAO. Santiago, Chile.

Obón C. y Rivera D. (2005). Origen y conservación de las plantas cultivadas: la agrobiodiversidad en la cuenca del río Segura (España). Instituto de Diversidad Agraria y Desarrollo Rural. "IBADER". 52 p.

PUBLIAGRO. (2023). Achachairú, la variedad de quinua tropical. Revista Mensual de Informes Técnicos Agropecuarios – PUBLIAGRO. Año 15, N° 183, abril 2023. Santa Cruz, Bolivia. https://issuu.com/publiagrosc-bolivia/docs/revista_publiagro_abril_2023_pagina

Quispe, R., R. Saravia y F. Callizaya. (2021). Plagas de la quinua: Reconocimiento y ciclo de vida. Ficha técnica. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 4 p.

Rojas, W., J. Risi, A. Bonifacio y A. Gandarillas. (2015). El cultivo de quinua en Bolivia. Capítulo 2. En: J. Risi, W. Rojas y M. Pacheco (Editores 2015). Producción y mercado de la quinua en Bolivia. IICA La Paz, Bolivia. pp 33-72.

Rojas W., M. Pinto, C. Alanoca, L. Gómez, P. León-Lobos, A. Alercia, S. Diulguero, S. Padulosi and D. Bazile. (2015). *Quinoa Genetic Resources and ex situ Conservation*. Chapter 1.5. In FAO & CIRAD. State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013, pp 56-82. Rome.

Rojas, W. y M. Pinto. (2004). Colecta descentralizada de quinua y cañahua. Informe Anual 2003/2004. Proyecto SIBTA-SINARGEAA Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Fundación PROINPA. pp 11-19.

Rojas, W. (2002). Recolección de germoplasma de cañahua y quinua. En: Informe Técnico Anual 2001 – 2002. Año 1. Proyecto Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos. IPGRI - IFAD, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 13-21.

Rojas, W., A. Bonifacio, G. Aroni y J.C. Aroni. (1999). Recolección de nuevas accesiones de quinua y otras Chenopodiaceas. Informe Anual 1998-99. Fundación PROINPA. 5 p.

Ruiz RA y HD Bertero. (2008). *Light Interception and Radiation use Efficiency in Temperate Quinoa (Chenopodium quinoa Wild.) Cultivars*. European Journal of Agronomy 29: 144-152.

Saravia, R. y A. Bonifacio. (2014). Fases y etapas fenológicas del cultivo de la quinua. In: R. Saravia, G. Plata y A. Gandarillas (eds). Plagas y Enfermedades del Cultivo de Quinoa. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp 17 - 22.

Snyder R, P Abreu y S Mattulich. (2010). Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía, Italia Roma, FAO. Disponible en <https://www.fao.org/3/y7231s/y7231s01.pdf> (consultado 6/jul/2023).

Tapia, M. (1977). Investigaciones en el banco de germoplasma de quinua. En: Universidad Nacional Técnica del Altiplano (ed.). Curso de quinua. Fondo Simón Bolívar. IICA - UNTA. Puno, Perú. pp 66-70.

Tapia, M. y Frías, A. (2007). Guía de Campo de los Cultivos Andinos. FAO-ANPE, Lima, Perú. 209 p.

Vavilov, N.I. (1992). *Origen and Geography of Cultivated Plants*. Cambridge University press. 498 p.

Vavilov, N.I. (1997). *Then Five Continents*. International Plant Genetic Resources, Roma, Italia. 198 p.

Velasco I, L. Ochoa y C. Gutiérrez. (2005). Sequía, un problema de perspectiva y gestión. En Región y Sociedad. Vol. XVII. N° 34. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/regsoc/v17n34/v17n34a2.pdf> (consultado 6/jul/2023)

Zurita-Silva A, SE Jacobsen, F. Razzaghi, R. Alvarez-Flores, K. Ruiz, A. Morales y H. Silva. (2014). Respuestas a la sequía y adaptación de la quinua. En Capítulo 2.4. Estado del arte de la quinua en el mundo

en 2013. Disponible en <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120304/Respuestas-a-la-sequia-y-adaptacion-quinua.pdf?sequence=1> (consultado en 6/jul/2023)

3.

MANEJO AGRÍCOLA TRADICIONAL, CONVENCIONAL E INNOVACIONES ORIENTADAS HACIA LA SOSTENIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE LA QUINUA

Genaro Aroni - Jorge Blajos - Alejandro Bonifacio - Jimmy Ciancas
Oscar Navia - Rolando Oros - Giovanna Plata - Reinaldo Quispe
Bilma Ríos - Wilfredo Rojas - José Santa Cruz

Resumen

La producción tradicional de quinua está dejando de ser practicada, entre otros motivos, por su alta demanda de mano de obra y por los complejos sistemas de rotación, dando lugar a la mecanización y, en algunos casos, a la sobreexplotación de los suelos. Algunas evidencias de la factibilidad técnica, económica, social y ambiental de la implementación de innovaciones como los bioinsumos y el repoblamiento de especies vegetales para cobertura del suelo, alientan el desarrollo de estrategias de manejo del cultivo bajo el enfoque de agricultura regenerativa. Que los sistemas de producción se apropien de estas estrategias de producción sostenible es un gran reto para todos los actores de la cadena agroalimentaria de la quinua. Sobre esta base y la experiencia de diversos actores se plantea una estrategia para la sostenibilidad de la producción de quinua orgánica regenerativa en el altiplano sur.

Introducción

Los sistemas de producción de alimentos están permanentemente expuestos a una serie de desafíos sociales, económicos y naturales. La producción de quinua enfrenta dificultades para mantener las prácticas tradicionales y la incorporación de algunas tecnologías están provocando deterioros en el suelo que pueden ser irreversibles.

Ante esta situación, las instituciones de innovación deben proponer alternativas que sean viables desde varias dimensiones. Las experiencias del desarrollo de innovaciones bajo el enfoque y principios de la agricultura regenerativa están mostrando resultados alentadores que permiten proyectar sistemas resilientes de producción de quinua y, por lo tanto, sostenibles.

Objetivos del capítulo

Describir las características del manejo tradicional y convencional de la quinua y mostrar los avances de la producción bajo los principios de la agricultura regenerativa, exponiendo las innovaciones orientadas al manejo sostenible de la quinua.

Palabras clave: Manejo tradicional, manejo convencional, producción orgánica, agricultura regenerativa.

3.1. El manejo tradicional del cultivo de quinua (saber local)

En el altiplano, el manejo tradicional del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) estaba integrado con la crianza de la llama (*Lama glama*). Con la llegada de los españoles, se ha integrado la crianza de ganado ovino (*Ovis aries*) y algún cultivo introducido como la cebada (*Hordeum vulgare*).

Dependiendo de la zona ecológica, la quinua tenía mayor o menor preponderancia en el sistema de producción. En el altiplano norte y central, la quinua formaba parte del sistema de rotación con otros cultivos como la papa (*Solanum tuberosum sp. Andigena*); en cambio, en el altiplano sur, la quinua fue y es el único cultivo adaptado a esas condiciones.

Los productores del altiplano compartían sus actividades productivas agrícolas y ganaderas con viajes periódicos hacia los valles o yungas con la finalidad de realizar el intercambio de productos. Los recursos y productos del altiplano como ser la sal, la carne deshidratada de llama (charki), quinua, chuño, tunta, lana de llama o alpaca, eran intercambiados con productos tales como el maíz, trigo, coca y frutas frescas o deshidratadas. En esta práctica de movimiento transecológico, el medio de transporte era el rebaño de llamas machos y era común en todo el altiplano donde la ganadería camélida tenía preponderancia (Acosta, 1940 citado por Soto, 1995; Iñiguez y Alem, 1996).

La producción de quinua en el altiplano era complementada con la actividad pecuaria, donde la mano de obra empleada era netamente familiar o mediante trabajos de reciprocidad como el ayni (ayuda mutua).

3.1.1. Sistema de rotación de cultivos

El manejo tradicional del cultivo varía según las zonas agroecológicas de producción. En el altiplano norte, la quinua integra un sistema de rotación, donde el cultivo de la papa se constituye en cabeza de rotación, luego la quinua, cebada y, finalmente, el descanso. En algunos casos puede incluir una leguminosa como el haba y forrajera como la avena. Este sistema de rotación era funcional en razón de que los cultivos que rotan abarcan más o menos similar área destinada a la producción.

En el altiplano central, el sistema es algo similar, donde el cultivo cabeza de rotación es la papa, le sigue la quinua y, finalmente, la cebada, sin embargo, el área destinada a los cultivos rotantes no siempre era similar en área cultivada, siendo mayor el destinada a la quinua y cebada y menor para la papa, en razón a las necesidades de forraje para la alimentación de los animales. Entre las décadas del 80 y 90, se produce un quiebre en el esquema de rotación, puesto que la quinua se constituye en cabeza de rotación ocupando mayor área en razón del ascenso de los precios de venta del grano de quinua, similar situación se dio con la cebada y alfalfa en razón de que la zona se convirtió en productora de leche.

En el altiplano sur, el manejo tradicional del cultivo es diferente, puesto que las condiciones de suelo difieren a las del altiplano norte y central y la quinua es el único cultivo que prospera en esa zona. Por tanto, la práctica está basada en la rotación interanual de parcelas y cuando los rendimientos declinan, se deja en descanso. A partir de la década del 80 y 90, la quinua ha tenido demanda creciente en el mercado, lo que ha alentado a los productores a ampliar el área destinada a su cultivo (Tupa, 2001).

3.1.2. Preparación del suelo

En las zonas del altiplano norte y central, cuando la quinua entra en rotación con la papa, no era necesario preparar el suelo, puesto que se aprovechaba la preparación realizada para el cultivo previo (Cossío, 1995); sin embargo, cuando la quinua es cabeza de rotación, la preparación del suelo era necesaria. Hasta la década del 70, el roturado del suelo se realizaba con arado egipcio a tracción animal (yunta). La operación consistía de una rayada al inicio del periodo de lluvias y otra cruzada al final del periodo lluvioso. Esta última labor, permitía profundizar la remoción del suelo y, al mismo tiempo, el mullido de terrones. Con esta modalidad de preparación del suelo no se podía abarcar mayor área para los cultivos. El suelo roturado y mullido permite conservar la humedad (Cossío, 1995). Cabe resaltar que la labor de “rayado” del suelo o surcado que realizaba el arado egipcio, se enmarcaba en la técnica del laboreo vertical (Great Plains, s.f.).

En la década del 80 se evidenciaba el mayor uso del tractor con arado de discos para la preparación del suelo. Con el arado de discos se realiza la labranza horizontal, se abarca mayor área y en menor tiempo de trabajo; sin embargo, la conservación de humedad en el suelo preparado con tractor es muy limitada o nula. Esto se atribuye a que el suelo preparado con arado de discos y sin pase de rastra, queda con terrones grandes.

En el altiplano sur el cultivo de la quinua estaba localizado en las laderas de los cerros y en el pie de monte donde el método tradicional de preparar el suelo consistía en remover en forma localizada (*qhuya allthapi* en idioma aymara), labor que era

totalmente manual (Tupa, 2001; Bonifacio, 2022). La distancia entre hoyos dependía de la presencia de obstáculos como piedras grandes pero, en general, el distanciamiento era de 1 x 1 m.

La técnica consiste en la preparación localizada y la siembra en los mismos sitios donde previamente se había removido el suelo (Tupa, 2001; Bonifacio, 2022). Cuando la parcela presentaba riesgo de erosión eólica, al suelo preparado se colocaba cobertura muerta de paja de sikuya (*Stipa ichu* o *Anateroestipa orurensis*). En las comunidades de Nor Lipez, el tractor agrícola fue introducido en 1973, lo que permitió abarcar mayor superficie en la preparación del suelo, pero con consecuencias negativas a mediano y largo plazo (Tupa, 2001).

3.1.3. Siembra

La siembra tradicional de quinua en el altiplano central y norte es similar y consiste en dispersarla en forma manual sobre el terreno preparado, luego se hace el surcado con yunta (voleo surcado), en otros casos, se procede a cubrir la semilla arrastrando ramas de arbusto sobre la superficie del suelo (Gandarillas, 1982; Cossío, 1995). En algunas comunidades se practicaba el voleo de semilla y luego el surcado con yunta. Con la introducción de la rastra a la dispersión de semilla (voleo) le seguía el pase de rastra para enterrar la semilla.

En el altiplano sur, el método tradicional de siembra puede variar según el método de preparación del suelo. En suelo preparado manualmente, es decir, remoción localizada, consiste en ubicar los sitios donde se lo ha preparado, remover el suelo seco superficial hasta encontrar el suelo húmedo. Una vez alcanzado el suelo húmedo, se abre un hoyo, se deposita la semilla y se cubre con tierra (Cossío, 1995; Tupa, 2001). En suelo preparado con tractor, la siembra consiste en retirar la tierra seca de la superficie hasta encontrar el suelo húmedo, abrir un hoyo de unos 5 cm de profundidad, depositar la semilla y cubrirla con tierra (Cossío, 1995). El distanciamiento entre hileras y hoyos era de 100 x 100 cm (Winkel, 2013).

3.1.4. Época de siembra

En las zonas del altiplano norte y central, la siembra tenía lugar en tres épocas: la primera en agosto, la segunda en septiembre y la tercera y última en octubre. Posterior a esos meses, no se sembraba, lo cual tenía su lógica, puesto que en las siembras tardías, la planta de quinua alcanzaba la fase más sensible a la enfermedad del mildiu coincidiendo con la época de lluvias, lo que provocaba pérdidas en el rendimiento (Gandarillas, 1982). A partir de la década del 90, las épocas de siembra se redujeron a dos o a una sola dependiendo de la ocurrencia de las primeras lluvias de temporada.

En el altiplano sur, la época de siembra se concentra en septiembre. La siembra de quinua no se puede retrasar en razón de que la humedad que se conserva en el suelo se pierde por las altas temperaturas de primavera. En esta zona, la siembra se realiza con la humedad conservada en el suelo preparado y que fue proporcionada por la lluvia de la gestión agrícola anterior.

3.1.5. Uso de variedades

Las etno-variedades empleadas en el altiplano se diferenciaban claramente entre el altiplano sur, central y norte. En el altiplano norte y central, las variedades locales presentaban ciclo largo y el grano de tamaño mediano y pequeño (menos de 2 mm de diámetro), además, se contaba con variedades de grano amargo y dulce.

En el altiplano sur, las etno-variedades pertenecen a la raza Real integrada por al menos medio centenar de variedades conocidas como ecotipos (Bonifacio et al. 2012; Bonifacio, 2022). Los ecotipos de Quinua Real preferidos eran de ciclo semi precoz, pero que, por el estrés causado por la sequía, se alargaba comportándose como de ciclo tardío. La Quinua Real incluye etno-variedades de grano amargo y de tamaño grande en su totalidad (diámetro igual o mayor a 2 mm).

3.1.6. Labores culturales

En las zonas del altiplano central y norte, las labores culturales que se practicaban en la quinua eran muy pocas o simplemente no se practicaban, puesto que la producción tenía lugar en pequeñas áreas. En caso de severo ataque de plagas, se realizaba una ceremonia para alejar a las larvas de la parcela o de la comunidad. Esta práctica ritual consistía en recolectar muestras de la plaga, hacer la ceremonia sobre el camino principal de la comunidad y despedir a la plaga para que abandone la comunidad.

La labor de deshierbe no era necesaria en parcelas nuevas (puruma), puesto que no tenían malezas por la competencia de arbustos en los años previos de incorporar la parcela a la producción de quinua. El deshierbe solamente se realizaba en parcelas frecuentemente manejadas con cultivo. Una labor de cuidado de la parcela consistía en colocar cintas sobre las panojas para ahuyentar a los pájaros que consumían el grano. En caso de enfermedad del mildiu, la práctica consistía en espolvorear la planta con ceniza.

En el altiplano sur, una labor muy importante era el sombreado de plantines que se conoce con el nombre de *phisnado* en idioma nativo. El sombreado consiste en colocar un manojo de paja sikuya hacia el lado nor-oeste del hoyo. El sombreado también protege del enterrado por arena acarreada por el viento. Una vez cosechada la quinua, la paja empleada para el sombreado se quedaba como cobertura del suelo a manera de mulch.

3.1.7. Cosecha

El método tradicional de cosecha en el altiplano es similar al del norte y centro y consiste en arrancar la planta desde la raíz. Para la cosecha, la planta debe haber cambiado a color amarillo en hojas, tallo y panoja. En el altiplano norte y central, las plantas más o menos secas se engavillan o se hacen arcos con la quinua cosechada para completar el secado. Tanto las gavillas como los arcos se cubren con paja a manera de techo para evitar el ataque de aves y proteger del mojado por lluvias ocasionales. En el altiplano sur, las plantas que se encuentran más o menos secas se colocan en gavillas alargadas en forma de hileras o de X.

3.1.8. La trilla y venteo

El método de trilla tradicional consiste en colocar las plantas secas sobre una superficie de suelo compactado (*t'aqta* o *era*) o sobre una lona donde se procede a desgranar mediante frotación manual de las panojas. Una vez removido el grano de la panoja principal y de las ramas, los tallos son removidos fuera del sitio de trilla. El material ligeramente desmenuzado se procede a pisotear o es golpeado con un palo curvo para quitar el perigonio del grano obteniendo un material algo fino integrado por grano de quinua y polvo de restos de perigonio y ejes glomerulares (Cossío, 1995; Aroni, 1995).

La separación del grano es posible mediante el venteo y separación de trozos mayores con ligero barrido con escoba de paja. Esta labor es morosa y depende de la velocidad del viento apropiada en el sitio de venteo.

3.2. Situación actual de producción de quinua en el altiplano sur

El altiplano sur es la principal zona de producción de quinua de Bolivia, comprende el área de influencia de los salares de Uyuni y Coipasa. La altitud varía entre 3.600 a 4.800 msnm, la precipitación anual entre 60 y 270 mm y la Evapotranspiración Potencial (ETP) entre 357 mm y 577 mm, mostrando un balance hídrico negativo (Andressen et al., 2006).

El suelo es el principal recurso natural que disponen los productores de quinua en el altiplano sur, sin embargo, por su fragilidad y forma de producción, la salud del suelo está cada vez más afectada. Los suelos de la región son de textura arenosa a areno-francosa, permeables y con baja capacidad de retención de agua y nutrientes, susceptibles a erosión eólica e hídrica debido a la nula o débil estructuración (Orsag, et al., 2013). Además, con deficiente contenido de macro y micronutrientes (Ayala y Almanza, 2021).

A pesar de las condiciones del suelo y del clima de la zona, desde hace milenios la quinua se producía con fines de consumo familiar en parcelas pequeñas y descansos largos (hasta de diez años). Los

suelos estaban destinados a la ganadería de llamas y la quinua se producía en pequeñas áreas, sin embargo, a partir de 1970 se amplió paulatinamente la superficie cultivada con producción destinada a la exportación cubriendo hasta el 90% de los volúmenes exportados en casi 40 años (Winkel et al., 2015).

Durante el período 2000 a 2014, luego de la apertura y consolidación de la quinua en el mercado internacional, se puso de moda como alimento saludable, impulsado en parte por el Año Internacional de la Quinua. En 1998, la producción mundial era de 49.400 t, de las cuales casi la mitad (20.921 t) provino de Bolivia, mientras que en 2016 la producción mundial se había triplicado a 148.720 t y la cosecha de quinua de Bolivia se había más que triplicado, a 65.548 t (Montero y Romero 2017, citados por Bonifacio et al., 2022).

La producción de quinua durante ese período ha llevado a los productores a logros significativos, tales como el acceso a la educación, mejoramiento de la vivienda, la mecanización del trabajo agrícola, entre otros; pero el impacto de esta actividad ha ocasionado un deterioro ambiental serio, con el acelerado empobrecimiento del suelo. Asimismo, llevó a reducir el tiempo de descanso de las parcelas de quinua. Actualmente se acostumbra practicar un descanso inter anual o bianual de los suelos, pero también se evidencia que muchas parcelas son abandonadas por improductivas, y quedan totalmente expuestas a la erosión eólica, puesto que carecen de cobertura vegetal.

Todas estas alteraciones al suelo por el cultivo de quinua están ocasionando cambios en el funcionamiento de los agroecosistemas y varios problemas medioambientales cada vez están cobrando mayor visibilidad. La ampliación de la superficie sembrada con quinua y el empleo del arado de discos, inapropiado para un ecosistema frágil, han derivado en la remoción de la vegetación nativa, donde el repoblamiento natural de estas especies es muy lento y, consecuentemente, los suelos se quedan sin cobertura vegetal, evidenciándose el desequilibrio ecológico.

3.3. Nuevos enfoques en la producción de quinua en Bolivia: intensificación agroecológica y agricultura regenerativa

Producir una mayor cantidad de alimentos en condiciones cada vez más restringidas, lleva a replantearse el manejo de los sistemas de producción. La intensificación agroecológica busca desarrollar alternativas para mejorar la microbiología del suelo y gestionar de manera eficiente el agua. Estos componentes, combinados con el desarrollo de nuevas variedades, más adaptadas a los efectos del cambio climático, conducen a una mayor sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos.

La intensificación ecológica se centra en los procesos ecológicos en el agroecosistema y enfatiza un enfoque de sistemas, además de considerar fuertemente las perspectivas sociales y culturales (Donovan, 2020).

Un componente indispensable en las estrategias de intensificación agroecológica es la recuperación de la biodiversidad de los suelos y del entorno de la planta. De manera genérica se denominan bioinsumos los productos elaborados en base a microorganismos benéficos y sustratos que ayudan a los cultivos a combatir las plagas y a aprovechar mejor los elementos nutritivos, así como el agua.

El precio internacional de hace unos años atrás (particularmente en las campañas agrícolas 2013 y 2014) donde el quintal de quinua orgánica alcanzó 2.400 Bs, ha ocasionado el incremento de la superficie en las zonas productoras del salar de Uyuni. Considerando que los países exportadores demandan quinua orgánica, es imprescindible trabajar bajo un enfoque de intensificación agroecológica y una agricultura regenerativa, cuyo objetivo es mantener la salud del suelo utilizando bioinsumos (mayor disponibilidad de nutrientes) y promover los corredores ecológicos con especies nativas para favorecer la diversificación de enemigos naturales de las plagas de la quinua, agentes de biocontrol e incremento de nutrientes como las q'ila q'ilas que aportan nitrógeno al suelo.

De manera general, la agricultura moderna busca alternativas sustentables como el uso de microorganismos benéficos porque cumplen diversas funciones (Tabla III.1.) que favorecen el desarrollo de las plantas mediante: la supresión de patógenos (biocontrol), la promoción del crecimiento de las plantas (fitoestimulantes), la inducción de resistencia y el mejor aprovechamiento de nutrientes —nitrógeno, fósforo y potasio—. Esta opción es amigable con el medio ambiente, restaura las poblaciones microbianas y no afecta la salud de los agricultores.

3.3.1. Bioinsumos agrícolas

La palabra bioinsumo hace referencia a productos agrícolas elaborados con diferentes sustancias de origen natural, como extractos vegetales y biomoléculas naturales, o elaborados con agentes biológicos como microorganismos y macroorganismos, los cuales son respetuosos y beneficiosos para el medioambiente. Se presentan en diferentes formulaciones: líquidos, polvo, pellets y geles que están formulados a base de diferentes microorganismos: hongos, levaduras, bacterias, actinomicetos y virus.

En la siguiente tabla se describen los términos que se emplean para referirse a los bioinsumos, su definición y el mecanismo de acción correspondiente.

Tabla III.1: Definición de diferentes bioinsumos utilizados en agricultura

Término	Definición	Mecanismo
Biofertilizante	Sustancia que contiene microorganismos vivos, que cuando son aplicados en semillas, superficie vegetal o suelo, coloniza la rizósfera o el interior de la planta y promueve el crecimiento y/o la disponibilidad de nutrientes para la planta.	- Fijación biológica de N₂ - Utilización de formas insolubles de fósforo.

Fitoestimulante y/o fitoreguladores	Sustancia que contiene microorganismos con la habilidad de producir o cambiar la concentración de reguladores de crecimiento tales como ácido Indolacético, ácido Giberélico, citocinas y etileno.	- Producción de fitohormonas (auxinas, giberelinas, citocininas). - Reducción en la producción de etileno (en el interior de la planta).
Biofitosanitarios o agentes de biocontrol	Sustancias que contienen microorganismos que promueven el crecimiento de las plantas a través del control de fitopatógenos, principalmente por la producción de antibióticos y metabolitos antifúngicos.	- Producción de antibióticos. - Producción de enzimas. - Exclusión competitiva. - Micoparasitismo - Resistencia Sistémica Inducida

Fuente: Elaboración propia.

Los bioinsumos agrícolas pueden considerarse herramientas biotecnológicas, que se corresponden con servicios ecosistémicos, tales como la biopolinización, el ciclaje y disposición de nutrientes, el control natural de plagas, entre otros.

3.3.2. Dónde se pueden utilizar los bioinsumos

Los bioinsumos están destinados a ser aplicados como insumos en la producción agropecuaria, agroalimentaria, agroindustrial e, incluso, en el saneamiento ambiental —biorremediación— (Gobierno argentino, s.f.). Estos productos mejoran la productividad, son amigables con el medio ambiente y contribuyen a disminuir la aplicación de plaguicidas.

Por su alta eficiencia, pueden ser utilizados en todo el proceso agrícola, desde la preparación del suelo, tratamiento de semilla, durante el desarrollo, cosecha y post cosecha y están clasificados por sus funciones en diferentes categorías.

Los bioinsumos poseen importantes beneficios medioambientales y económicos, tales como:

- Son productos de origen natural que contribuyen al cuidado del medio ambiente.
- Son diversos y pueden ser utilizados en remplazo de los agroquímicos.
- No dejan residuos en el agua, el aire, el suelo o en los productos alimenticios.
- No generan riesgos de salud para los agricultores al momento de su aplicación.
- No generan daño en la salud de los consumidores.
- Favorecen la sostenibilidad de las tierras cultivadas.
- Mejoran la calidad, rendimiento y salud de los cultivos vegetales.
- Mejoran la calidad y salud del suelo y los sustratos.
- Pueden ser incorporados en todo tipo de agricultura.
- Son especialmente adecuados para su uso en agricultura orgánica, agroecológica y biodinámica.

3.3.3. Dónde se encuentran los microorganismos

Bolivia presenta diversos pisos ecológicos, sus suelos poseen diferentes características físico-químicas, lo cual puede favorecer la abundancia o escasez de microorganismos. Los factores que favorecen la presencia de microorganismos son: la materia orgánica, la humedad y la temperatura.

Los microorganismos benéficos se encuentran de manera natural dispersos en los diferentes ecosistemas, por lo cual la forma de aislarlos es a partir de muestras de suelo o de diferentes tejidos de cultivos asociados o monocultivos, o bosques y praderas naturales.

La mejor manera de poder seleccionarlos es observando en campo el comportamiento de las plantas desde la emergencia, durante el desarrollo y la cosecha, seleccionando a aquellas que muestran un desarrollo vigoroso, que son resistentes a factores adversos del tipo biótico o abiótico, y además tengan un rendimiento alto. Los entomopatógenos se obtienen realizando muestreos, ya sea de insectos con signos o síntomas de afección por algún microorganismo.

En el laboratorio se realizan aislamientos usando medios generales como PDA (Agar, Dextrosa y Papa) y AN (Nutritivo Agar) para el aislamiento de hongos y bacterias, y en otros casos se usan medios selectivos como KB (King B) para el crecimiento de *Pseudomonas* sp. Por lo general, los microorganismos crecen contaminados, entonces, se debe realizar la purificación de géneros específicos. Una vez purificados se realiza la conservación utilizando diferentes técnicas: glicerol, leche, papel filtro, medio de cultivo en agar inclinado u otros; con una frecuencia semestral, se realizan pruebas de control de calidad que se basan en la calificación de la viabilidad y pureza de los microorganismos en conservación. Dependiendo del tipo de conservación estos pueden ser a corto, mediano y largo plazo como el de la liofilización, el más caro, porque se requiere equipos específicos y personal especializado (Imagen III.I).

Imagen III.I: Esquema desde la recolección de insectos naturalmente parasitados, el aislamiento, purificación y la conservación de *Metarhizium rileyi*



Fuente: Fundación PROINPA.

El 2006 la fundación PROINPA ha conformado un Banco de Germoplasma de microorganismos, los que están agrupados en las tres categorías de productos: bioestimulantes, biofertilizantes y fitobioprotectores, después de una caracterización a nivel de laboratorio.

Este Banco está conformado por cepas nativas de diferentes pisos ecológicos y de la biodiversidad de cultivos nativos (papa, quinua, tarwi, haba, café, etc.). El 90% de los microorganismos entomopatógenos corresponden a colectas en Santa Cruz y el 10% a La Paz (Caranavi), Cochabamba y Oruro. Se los encontró parasitando una diversidad de insectos (trips, mosca blanca, áfidos, garrapatas, coleópteros, chinches y larvas de lepidópteros y noctuides).

QR # III.1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al detalle de la conservación, la caracterización fenotípica y el screening de la actividad de los microorganismos del Banco de Germoplasma de PROINPA.

3.3.4. Los microorganismos y su uso potencial en el cultivo de quinua

La quinua ha sido cultivada bajo condiciones agroambientales diferentes y de manera independiente en distintas regiones del mundo. El ser humano ha identificado a esta planta como fuente de seguridad alimentaria. Los últimos veinte años se ha identificado algunos avances en técnicas biotecnológicas que están relacionados directamente en el proceso de producción y optimización de la producción de quinua.

La aplicación de la biotecnología en la producción de quinua, se inició en los Estados Unidos con el uso de marcadores genéticos que dieron inicio a una masiva producción e intensificación agrícola. La biotecnología en la producción de quinua ha sido útil a nivel de la secuenciación del genoma completo mediante la utilización de la biología molecular, y posteriormente las técnicas ómicas y la bioinformática que iniciaron una nueva era de entendimiento de los genes y microorganismos involucrados en los procesos bioquímicos, fisiológicos y moleculares. Factores ambientales que afectan al cultivo de la quinua como el estrés abiótico son caracterizados particularmente a través del estudio de expresión génica masiva y su interrelación simbiótica con la planta (Alandia, G., Rodríguez, J. P., Palmgren, M., Condori, B., & López-Marqués, R. L. (2021).

La investigación biotecnológica en relación a los bioinsumos, muestra que algunos hongos y bacterias asociados con la quinua pueden mejorar los rendimientos. La conservación biotecnológica

de esa biodiversidad microbiana, en gran parte inexplorada, aplica para aliviar la pobreza de los pequeños agricultores y aborda la enorme brecha de conocimiento en relación a los hongos y bacterias de Bolivia en general al proporcionar información clara y orientación para apoyar su protección y uso sostenible a nivel nacional.

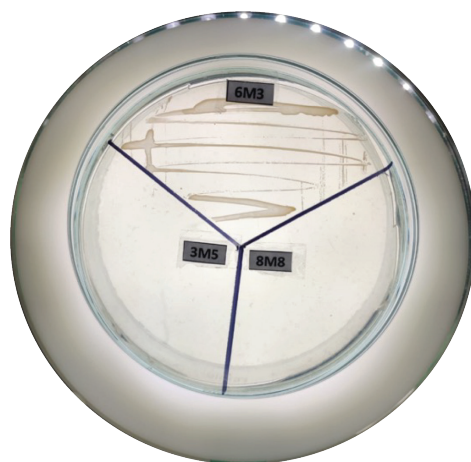
La biotecnología moderna y su relación con los sistemas de producción convencional en los países andinos ha favorecido al desarrollo de la caracterización de germoplasma de microorganismos, optimización de sistemas de conservación y la utilización de microorganismos con capacidad de servicio ambiental y como bioinsecticidas, biofertilizadores, biocontroladores, bionematicidas y bioestimulantes.

3.3.5. Microorganismos del intersalar boliviano con alto potencial de uso

3.3.5.1. *Bacterias nativas fijadoras de nitrógeno en el cultivo de la quinua*

Ante el insuficiente nitrógeno disponible en los suelos, las plantas contendrán cantidades mínimas de clorofila, por lo que no podrán aprovechar plenamente la luz del sol como fuente de energía para realizar funciones esenciales como la absorción de nutrientes. Para mejorar la disponibilidad del nitrógeno, se emplean microorganismos fijadores (Imagen III.2.) dentro de los que se distinguen dos grupos: los microorganismos "simbióticos" que fijan nitrógeno en asociación con plantas, estos microorganismos llamados rizobios colonizan y forman nódulos en las raíces de las plantas donde el nitrógeno gaseoso se reduce a amonio; y los microorganismos de tipo "asimbióticos" (o de vida libre) que proporcionan al medio compuestos nitrogenados como amonio, aprovechados por los vegetales (Hernández, 1998; Zuberer, 1998).

Imagen III.2: *Screening* de microorganismos fijadores de nitrógeno utilizando medios de cultivo sin fuente de nitrógeno (Medio Burk). Cepa 8M8 aislada del Municipio de Uyuni (Kéasa)



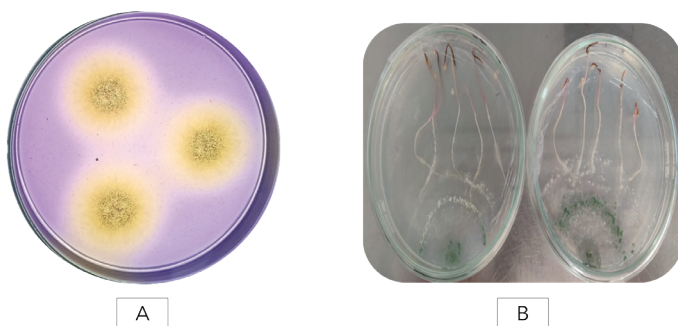
Fuente: Fundación PROINPA.

3.3.5.2. *Bacterias nativas solubilizadoras de fósforo en el cultivo de quinua*

El fósforo representa el 0,2% del peso de la planta, por ello, cuando no está disponible se constituye en el segundo nutriente limitante para el crecimiento después del nitrógeno (Martins, 2004). El fósforo mejora el desarrollo de las raíces y, por ende, de la producción. La falta de este componente en la planta podría atrofiar e, inclusive, retrasar la maduración del fruto, la tierra es muy rica en cuanto a la composición de fósforo, aunque sólo una pequeña porción es soluble y la mayor parte se encuentra en su forma natural insoluble en rocas y apatitas. Para que las plantas puedan aprovechar el fósforo es necesario que esté disponible. Sólo ciertos microorganismos tienen la capacidad de convertir el fósforo a una forma orgánica que pueda ser metabolizada como nutriente (Martins, 2004) (Imagen III.3). Los mecanismos propuestos para la solubilización de fosfatos incluyen:

- Producción de ácidos orgánicos durante la descomposición del carbono orgánico (Imagen III.3).
- Excreción de protones en forma de amonio que es asimilado por los microorganismos.
- Formación de complejos entre ácidos orgánicos y aniones con cationes (Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+}).
- Desorción de fósforo en suelos mineralizados (Osorio, 2008).

Imagen III.3: *Screening* de microorganismos solubilizadores de fosfato (fosfato tricálcico) utilizando medios de cultivo en base a una fuente de Roca Fosfórica (Medio N-BRIP). Cepa 8M8 aislada del Municipio de Uyuni (Kéasa)



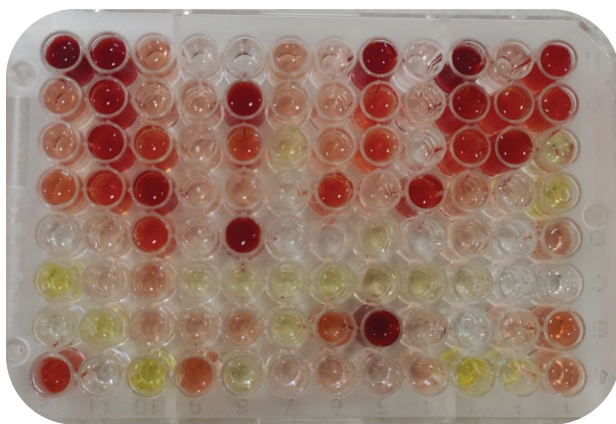
Fuente: Fundación PROINPA.

3.3.5.3. *Síntesis de fitohormonas a partir de bacterias promotoras del crecimiento para la producción sostenible del cultivo de quinua*

Los microorganismos como las bacterias diazotróficas y no diazotróficas, se denominan bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPB, por sus siglas en inglés: *Plant Growth Promoting Bacteria*) o rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, debido a su capacidad de ejercer efectos benéficos sobre el desarrollo de diferentes especies vegetales, ya sea por medio de mecanismos directos o indirectos (Glick, 2012). Estos microorganismos pueden optimizar el ciclo de nutrientes en el suelo, con lo cual aumenta su disponibilidad y mejora la nutrición

de las plantas. Dependiendo del estado fisiológico del cultivo, los biofertilizantes pueden inducir el crecimiento de la planta por medio de mecanismos como la producción de fitohormonas (Imagen III.4.) —auxinas, ácido abscísico, citocininas, etileno y giberelinas—, la solubilización de fosfatos, la producción de sideróforos y la inducción de la resistencia sistémica intrínseca de la planta al estrés biótico, entre otros (Saad et al., 2020).

Imagen III.4: *Screening* de microorganismos sintetizadores de Ácido Indol Acético (AIA). Cepa 6M3 sintetizando de forma óptima AIA aislada del Municipio de Uyuni (Kéasa)



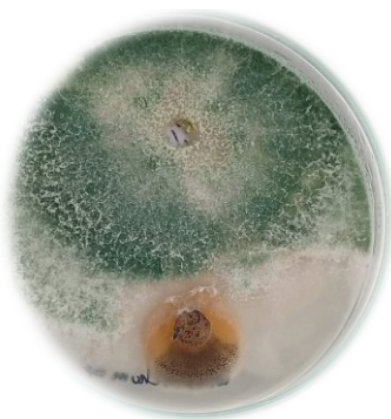
Fuente: Fundación PROINPA.

3.3.5.4. *Efecto antagónico de las bacterias nativas contra fitopatógenos de suelo en el cultivo de quinua*

Las bacterias son extremadamente versátiles metabólicamente, pues pueden tomar diversas fuentes de carbono para su multiplicación, respirar anaeróbicamente y usar múltiples donadores orgánicos e inorgánicos de electrones, entre otras capacidades. También son capaces de interactuar con especies mayores, como hongos, animales o plantas, y estas interacciones pueden ser positivas, neutras o negativas. En el caso específico de la interacción planta-bacteria, mucha investigación se ha dedicado al estudio de la interacción negativa o al estudio de fitopatógenos o microorganismos que causan enfermedades en las plantas, y hoy

muchos de los mecanismos moleculares asociados son conocidos (Pardo, S.; Mazo, D. y Rojas, D., 2021). No obstante, muchos otros microorganismos ejercen un efecto positivo en esta interacción antagónica (Imagen III.5), ya sea mediante acción directa sobre la planta, incrementando la disponibilidad de nutrientes en el suelo, por ejemplo, o de manera indirecta, previniendo la proliferación de ciertos fitopatógenos (Heredia-Acuña et al., 2018).

Imagen III.5: Actividad antagonica a nivel *in vitro* del ingrediente activo *Trichoderma* spp. (crecimiento de estructuras infectivas de color verde) presente en el bioformulado TRICOTOP



Fuente: Fundación PROINPA.

- En la parte superior antagonismo de TRICOTOP (inhibición del crecimiento del fitopatógeno) contra el fitopatógeno *Macrophomina* spp. Placas anverso y reverso.
- En la parte central antagonismo de TRICOTOP (inhibición del crecimiento del fitopatógeno) contra el fitopatógeno *Sclerotinia* spp. Placas anverso y reverso.
- En la parte inferior antagonismo de TRICOTOP (inhibición del crecimiento del fitopatógeno) contra el fitopatógeno *Fusarium* spp. Placas anverso y reverso.

3.3.6. Desarrollo tecnológico para la producción de bioinsumos

El desarrollo tecnológico no estaría completo si no está disponible para los productores, por ello se deben implementar actividades para el escalamiento de los bioinsumos. En esta sección se describen los procesos para formular bioinsumos en base a microorganismos en poco tiempo de tal forma que lleguen a las familias y emprendedores que necesitan soluciones a sus problemas con todo su potencial.

El escalamiento o multiplicación de microorganismos se puede realizar principalmente mediante dos técnicas:

- Fermentación estática
- Fermentación dinámica

3.3.6.1. *Producción de bioinsumos en base a la fermentación estática*

El desarrollo de bioinsumos en base a técnicas de multiplicación masiva conlleva a diversos procesos tecnológicos, donde la biotecnología participa de forma activa. Uno de los procesos biotecnológicos de producción masiva de microorganismos a nivel de biomasa, estructuras vegetativas y de conservación se refiere a la fermentación estática, que utiliza operativamente equipos accesibles y de menor costo de implementación. La técnica más utilizada es la siembra en medios sólidos como el arroz, de donde se puede cosechar las conidias puras o se puede lavar el arroz para extraerlas. Dependiendo del tipo de microorganismos, esta fermentación dura de cinco a catorce días. Cuando los bioinsumos están formulados en base a estructuras de fermentación estática, estas se demoran unas horas o días para activarse, porque están formulados en base a estructuras de conservación del hongo o de la bacteria.

3.3.6.2. *Producción de bioinsumo en base a la fermentación dinámica*

A nivel de los procesos unitarios biotecnológicos, este sistema permite el escalamiento a nivel industrial para producir antibióticos (metabolitos secundarios) con actividad supresora de enfermedades, biocontrol de insectos, bioestimulantes y biofertilizantes. A diferencia del anterior sistema, en este caso las estructuras infectivas se producen en medios líquidos en agitación con control de temperatura y pH, bajo este sistema las estructuras que se forman son: conidios sumergidos, blastosporas, clamidosporas y microesclerocios a partir de hongos filamentosos y bacterias, la biomasa que se produce recibe el nombre de micelio activo. Su automatización valoriza a la industria de producción de bioinsumos agrícolas a obtener productos con elevada pureza, alta concentración, alta especificidad y virulencia dirigida. Después de la aplicación su activación en campo es inmediata.

3.3.7. Control de plagas con predadores, parasitoides y patógenos

Otro de los componentes de la intensificación agroecológica tiene que ver con la producción verde que está basada en el control biológico (es el uso de predadores, parasitoides y patógenos que regulen la densidad poblacional de las plagas) y en los servicios ambientales que estos presentan para la disminución del uso de plaguicidas. Sólo se permite el uso de estrategias de manejo seguro, también llamada verde, es decir, productos que no afecten al medio ambiente, la salud ni la macro y microflora benéfica.

Las medidas verdes que se utilizan son: prevención, monitoreo y control verde directo. El primero evita que las poblaciones de plagas incrementen, debe mantenerse por debajo del umbral de daño; el segundo basado en la observación permite tomar decisiones oportunas para el control inmediato de la plaga y, finalmente, el tercero es controlar a la plaga de manera específica cuando la población es abundante. El propósito es suprimir a la plaga.

Dentro de las medidas que permite el control verde directo son:

- El uso de extractos que sean seguros, ya que muchos tienen un efecto tóxico para la salud, el medioambiente o el ganado.
- Semioquímicos: cebos, repelentes, feromonas, etc. No está permitido el uso de los productos basados en el principio de atraer y matar (*attract & kill*), porque incluye productos químicos. Hay estrategias como empujar y jalar (*push & pull*), que se han desarrollado para alejar las plagas de los cultivos.

Se considera “verde” dentro de las estrategias de manejo, todo aquello que:

- No sea peligroso para la salud según la Organización Mundial para la Salud.
- No sea cancerígeno, mutagénico, y que no afecte a la reproducción.
- No sea un contaminante orgánico persistente.
- No afecte la capa de ozono.
- No tenga daños severos o irreversibles en la salud.
- No sea peligroso para el medio ambiente (polinizadores, enemigos naturales incluyendo agentes de biocontrol, agua, aire y suelo).

La utilización de corredores ecológicos o barreras vivas son aquellas plantas que van a permitir incrementar las poblaciones de una diversidad de polinizadores, parasitoides y predadores. Una condición que es muy importante para el incremento de estas poblaciones es la presencia de la plaga de la cual se alimentan o parasitan, y la diversidad del colorido de sus flores atrae a los polinizadores; otro factor que es muy importante es la tolerancia a las heladas.

Una muestra de este tipo de productos son las feromonas para la polilla y para noctuides que atacan al cultivo de la quinua. Por otro lado, está el producto ACARITOP que ha demostrado eficiencia en alejar a roedores y liebres de las plántulas de quinua en etapas tempranas del cultivo.

3.3.8. Mejoramiento genético de la quinua en Bolivia

Una parte esencial del manejo agroecológico del cultivo de la quinua en Bolivia tiene que ver con el aprovechamiento de la gran diversidad de variedades con las que se cuenta fruto del trabajo de las familias ligadas ancestralmente a la domesticación del cultivo, pero también al mejoramiento convencional y participativo que se ha desarrollado en nuestro país.

El mejoramiento ancestral y tradicional de la quinua es tan antiguo como la domesticación misma de la planta. Según Tapia y Frías (2007) la quinua fue domesticada hace 3.000 años a cargo de culturas que se desarrollaron en los Andes; por su parte, Arze et al. (2015) sostienen que la quinua fue domesticada por la cultura Vizcachani aproximadamente 4.000 a.C. Obviamente, el mejoramiento de la quinua por las culturas ancestrales fue conducida por la necesidad de tener cultivos que proporcionen productos disponibles en las zonas donde residían y que sean accesibles por sus habitantes. Es decir, su mejoramiento fue un proceso paralelo a la adaptación de la planta al manejo por el hombre, beneficiándose mutuamente entre la planta y el hombre. La planta se beneficia del cuidado proporcionado por el hombre y el hombre se beneficia del producto alimenticio que le da la planta. Sin embargo, en este proceso, la planta pierde algunas características como la resistencia a factores ambientales y gana en el rendimiento del producto útil al hombre.

La quinua es una especie alotetraploide con 36 cromosomas somáticos con cuatro genomas de $n = 9$ cromosomas, considerada autógena con polinización cruzada frecuente, por tanto, los métodos de mejoramiento son aquellos que se aplican para las especies autógenas (Gandarillas, 1979).

Gandarillas (1979), reportó que la autofecundación artificial no tiene efectos detrimentales sobre el rendimiento y altura de planta; por tanto, la autofecundación puede ser empleada según sea necesario durante el proceso de mejoramiento. Actualmente, la autofecundación es una práctica usual para la obtención de líneas puras en el cultivo de quinua.

El método de cruzamiento artificial que reporta resultados satisfactorios, fue desarrollado por Gandarillas en 1967 que consiste en la remoción de los glomérulos apicales hasta dejar entre dos a tres glomérulos donde realiza la emasculación y luego polinizar con polen recolectado de la planta padre. Posteriormente, los métodos de cruzamiento fueron adaptados a las necesidades de los investigadores (Ward, 1998: Paterson et al., 2015, Bonifacio, et al., 2014).

Desde la domesticación o crianza mutua entre la quinua y el hombre pertenecientes a culturas ancestrales de los Andes, se ha generado una amplia diversidad de ecotipos y etnovariedades nativas de la quinua cuya denominación corresponde a los aspectos morfológicos, propiedades del grano y de uso. La obtención de la diversidad de etnovariedades se atribuye a la selección practicada por milenios por parte de los productores en un contexto de variabilidad genética en la especie y la variación ambiental en el tiempo y espacio.

Estas variedades o, mejor dicho, etnovariedades de la quinua son numerosas y se presentan en la siguiente tabla.

Tabla III.2: Etnovariedades del altiplano sur de Bolivia

Nombre de la etnovariiedad	Color de planta	Color de grano	Significado del nombre
Achachino	Verde	Rojo	Ciclo largo
Chullpa	Verde	Dorado	Antiguo
Ch'aku	Verde	Crema	Panoja concentrada como puño

Ch'illpi	Verde	Rojo	Brillante
Ch'uillpi	Verde	Blanco	Perlado
Moqu	Verde	Crema	Enano/pequeño
Ch'íara	Verde	Negro	Negro
Pandela	Púrpura	Rosado	
Phisanqalla	Verde	Café/rojo	Reventón al tostar
Qanchis	Verde	Blanco/ anaranjado	
Qhashlala	Verde	Blanco	Duro
Qillu	Verde	Amarillo	Amarillo
Q'oytu	Verde	Gris	Encubierto
Timza	Verde	Crema	
Utusaya	Verde	Crema	Hogarena
Wallata	Verde-rojo	Mixtura	Bicolor
Willa jipini	Verde	Rosado	Perigonio rojo

Fuente: Elaboración propia en base a Bonifacio et al., 2012.

En Bolivia el mejoramiento genético de la quinua se inició en 1965 en la Estación Experimental de Patacamaya en base a estudios previos de la biología floral y reproductiva, el desarrollo de las técnicas de autofecundación y cruzamiento y los métodos de selección. Los objetivos del mejoramiento planteado en primera instancia fueron obtener plantas de tallo simple, panoja definida, resistente a enfermedades, grano sin saponina y tamaño grande y buena calidad culinaria (Gandarillas, 1979). Posteriormente fueron incorporados otros objetivos en el mejoramiento de la quinua especialmente considerando los efectos adversos del cambio climático, siendo estos la obtención de variedades precoces, la resistencia a la sequía, tolerancia a heladas y al golpe de granizo (Gómez-Pando & Aguilar, 2016; Bonifacio, 2014 y 2019).

Los métodos de mejoramiento empleados en poblaciones o variedades antiguas de la quinua son la selección masal, selección individual, selección panoja-surco (Bonifacio, 2014). Los métodos de selección mencionados se basan en la segregación natural que

presenta la quinua en el transcurso del tiempo y en la probable polinización cruzada entre variedades cultivadas en parcelas muy próximas una de otra.

En la quinua frecuentemente se ha evidenciado variación al interior de las etnovariedades e inclusive en variedades mejoradas. Esta variación es aprovechada para seleccionar plantas que presentan caracteres de interés en el mejoramiento, tales como precocidad, tamaño y color de grano.

En el altiplano se presenta una serie de factores abióticos adversos tales como sequía, acortamiento del período de lluvia, salinidad del suelo, ocurrencia de granizadas y erosión del suelo. Estos factores afectan negativamente al buen desarrollo del cultivo y los rendimientos unitarios declinan año tras año. Ante esta situación, se ha optado por dar mayor atención a los parientes silvestres de la quinua como un recurso genético para el aprovechamiento directo, para implementar la selección al interior de las poblaciones silvestres anuales y perennes e incorporación de parientes silvestres en planes de hibridación inter específica. En otras palabras, planes de domesticación de nuevo y la transferencia del carácter de la perennialidad de una especie silvestre (*C. petiolare*) a la quinua que es de ciclo anual.

A continuación, se presenta las variedades mejoradas que tienen mayor difusión en el altiplano.

Tabla III.3: Variedades mejoradas de mayor difusión en el altiplano boliviano

Variedad	Obtención	Zona de difusión	Característica sobresaliente
Sajama	1967	Altiplano central	Grano sin saponina
Chucapaca	1986	Altiplano central	Planta rústica
Sayaña	1992	Altiplano central	Semi precoz
Surumi	1996	Altiplano central	Tolerante a heladas
Jacha Grano	2003	Altiplano central y norte	Grano grande y semi precoz

Q'osuña	2007	Altiplano sur	Grano sin saponina
Kurmi	2005	Altiplano norte	Resistente al mildiu
Blanquita	2007	Altiplano norte y valles	Tolerante a granizo
Horizontes	2007	Altiplano sur	Semi precoz

Fuente: Elaboración propia con información del catálogo y fichas de variedades (Espíndola y Bonifacio, 1996).

3.4. Estrategia de manejo del cultivo bajo el enfoque de intensificación agroecológica

La estrategia de manejo de cultivo de la quinua bajo el enfoque de intensificación agroecológica en el altiplano sur se fundamenta en la diferenciación del grano boliviano en los mercados internacionales y, en la sostenibilidad y salud de la producción y consumo a nivel nacional. El mercado internacional demanda granos de quinua libres de residuos químicos, en consecuencia, es fundamental desarrollar y aplicar innovaciones tecnológicas para mejorar su producción orgánica.

PROINPA, durante varios años de investigación, ha desarrollado y ajustado una estrategia de manejo integrado para la producción de quinua orgánica, basada en el uso de bioinsumos, que mantiene la salud de la planta e incrementa los rendimientos. Esos bioinsumos se han desarrollado a partir de cepas nativas de microorganismos benéficos, son formulados con materiales locales y están disponibles para los productores de quinua.

La estrategia para el manejo de la quinua, para una producción más sostenible, integra el manejo de la fertilidad del suelo, el manejo de enfermedades y plagas, y el uso de variedades locales y mejoradas. Comprende la aplicación integrada y combinada de bioinsumos en seis momentos críticos del desarrollo fenológico y la presencia de enfermedades y plagas (Imagen III.6).

Imagen III.6: Estrategia de manejo del cultivo de quinua en el altiplano sur



Fuente: Fundación PROINPA, 2022.

3.4.1. Componentes de la estrategia de manejo del cultivo

La estrategia de manejo del cultivo involucra la elaboración de abonos orgánicos, aplicaciones a la siembra y aplicaciones foliares durante el desarrollo del cultivo.

Elaboración de abonos orgánicos:

La materia orgánica es esencial para incrementar los rendimientos de quinua orgánica en la región del intersalar. El mayor reto es encontrar insumos para la elaboración de abonos orgánicos. Existen iniciativas para el procesamiento de basura domiciliar orgánica mezclada con estiércol de llama para la elaboración de compost mejorado.

Aplicación de abonos orgánicos a la siembra o a la preparación del suelo:

Se elabora el compost, utilizando estiércoles de animales y residuos vegetales, por lo menos 60 días antes de la siembra (compost maduro) o 30 días antes (compost inmaduro). Para la preparación del compost, se debe utilizar aceleradores o biodegradadores de materia orgánica, como BIOBULL.

Aplicación a la siembra:

Aplicar a la siembra TRICOBAL (biofungicida para patógenos de suelo, activador de la resistencia de la planta), junto con el abono orgánico.

Aplicaciones foliares

Primera aplicación foliar:

Después de la emergencia, aplicación preventiva en plantas pequeñas (5-10 cm, aproximadamente seis hojas verdaderas) de ACARITOP (bioinsecticida-repelente de plagas), más BACTERIAL MIX (biofungicida para enfermedades foliares como mildiu, activador de la resistencia de la planta), más VIGORTOP (biofertilizante foliar).

Segunda aplicación foliar:

Al inicio del panojamiento, aplicar BIOMAX (bioinsecticida para plagas como ticonas y polillas) más BACTERIAL MIX (biofungicida para enfermedades foliares como mildiu, activador de la resistencia de la planta) más VIGORTOP (biofertilizante foliar).

Tercera aplicación foliar:

Al inicio de la floración, aplicar BIOMAX (bioinsecticida para plagas como ticonas y polillas) más BACTERIAL MIX (biofungicida para enfermedades foliares como mildiu, activador de la resistencia de la planta) más VIGORTOP (biofertilizante foliar).

Cuarta aplicación foliar:

A la formación de grano lechoso, aplicar ACARITOP (bioinsecticida para plagas).

3.4.2. Características de los componentes y los productos utilizados en la estrategia

Compost

Es un abono orgánico que se obtiene mediante proceso biológico aeróbico (descomposición), donde actúan microorganismos sobre sustratos orgánicos de origen vegetal y/o animal. El mejor compost es el que utiliza ambos tipos de sustratos. Se consideran dos tipos: el compost joven o inmaduro, es aquel que está poco descompuesto y finaliza su descomposición una vez que se encuentra aplicado al suelo. El compost maduro es aquel que está debidamente descompuesto y puede utilizarse para cualquier tipo de cultivo. En la quinua se recomienda una dosis de 30 qq/ha (1,5 t/ha), pudiendo llegar hasta 5 t/ha.

El uso del compost tiene muchas ventajas para mejorar la producción de cultivos y conservar la fertilidad de los suelos. Las más importantes, por su efecto, son:

Mejora las propiedades físicas del suelo:

- Favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola.
- Reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad y;
- Aumenta la capacidad de retención de agua.

Mejora las propiedades químicas:

- Aumenta el contenido de macronutrientes como N, P, K, y de micronutrientes;
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y;

- Es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

Mejora la actividad biológica del suelo:

- Actúa como sustrato y alimento de los microorganismos que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

TRICOBAL

Es un biofungicida que contiene cepas nativas de *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefasciens*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma koningiopsis*. Biofungicida con alta concentración de microorganismos benéficos y de larga residualidad para el control de patógenos de suelo. TRICOBAL suprime patógenos del suelo, en particular, *Fusarium* spp, *Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Sclerotinia* spp., *Macrophomina* spp., bacterias patógenas y otros. Activa la resistencia natural de la planta, promueve el crecimiento e incrementa el rendimiento y la calidad del producto cosechado.

TRICOBAL se presenta en formulación líquida, polvo o granulado. Se puede aplicar de diferentes formas (Imagen III.8.):

- *A la siembra:* utilizando sembradora (tipo SATIRI III, que tiene un compartimiento específico para el TRICOBAL). La formulación es granulada, y se aplica a la dosis de 6 kg/ha.
- *Mezclado con el abono orgánico:* el abono orgánico, 30 qq o 1,5 TM, se mezcla con 2 kg TRICOBAL en polvo, para una hectárea, luego se incorpora al suelo durante la siembra.
- *Por tratamiento de semilla:* aplicar a la semilla TRICOBAL en polvo, en una dosis de 2 kg/ha. Para la aplicación se coloca en un recipiente (bandeja) los 2 kg de TRICOBAL en polvo, se añade 0,5 litros de agua o de VIGORTOP (para favorecer la multiplicación de los microorganismos y una emergencia vigorosa), y se mezcla formando una solución pastosa. Luego se añade la semilla (6 a 8 kg/ha)

y se mezcla. El resultado será una semilla recubierta por TRICOBAL. Luego se seca a la sombra y se siembra (Imagen III.7).

Imagen III.7: Aplicación de TRICOBAL a la siembra, con sembradora o por tratamiento de semilla



Fuente: Fundación PROINPA, 2022.

BACTERIAL MIX

Es un biofungicida-biobactericida para aplicación foliar, con seis especies de *Bacillus*: *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus licheniformis* y *Bacillus laterosporus*. Es importante destacar que el género *Bacillus* forma endosporas cuando las condiciones no son favorables y estas le permiten soportar condiciones adversas (alta radiación, sequía, etc.). Esta característica representa una gran ventaja al formular un biofungicida y/o biobactericida, puesto que las bacterias podrán esperar a tener las condiciones apropiadas para transformarse de célula durmiente a célula vegetativa y actuar contra los fitopatógenos. BACTERIAL MIX, combina las funciones de las diferentes especies de *Bacillus* para obtener un producto biocontrolador de un amplio rango de patógenos foliares, tales

como mildiu y otras manchas foliares. Adicionalmente, los *Bacillus* cumplen importantes funciones como promotoras de crecimiento y bioestimulantes de las plantas.

El género *Bacillus* actúa con los siguientes mecanismos de acción:

- *Acción directa*: las bacterias tienen actividad bactericida-fungicida, causan perforación de las paredes del micelio y tubos germinativos de los hongos y previenen la germinación de las esporas. Sintetizan antibióticos y compuestos antimicrobianos (lipopéptidos LPs).
- *Competencia*: compiten por el espacio y nutrientes con los hongos y bacterias fitopatógenos, logrando así una acción preventiva en el desarrollo de las enfermedades.
- *Promotoras de crecimiento*: tienen efectos en el crecimiento vegetal a través de la síntesis de hormonas vegetales —auxinas, citoquininas, giberelinas— sintetizan sideróforos involucrados en la disponibilidad de hierro y solubilizan fósforo.
- *Inducción de resistencia*: activan el sistema inmune natural de las plantas, mejorando, de esta manera, su resistencia al ataque de microorganismos patógenos —hongos, bacterias y virus—.

BIOMAX

Es un ecoinsecticida formulado en base a matrine, que es un extracto de la planta medicinal silvestre *Sophora flavescens*. Tiene múltiples mecanismos de acción, cuando entra en contacto con el insecto paraliza su sistema nervioso, y luego bloquea las conexiones nerviosas y muere por asfixia. También actúa por ingestión, una vez que la plaga ingiere el producto, sufre una contracción muscular, pierde agua y muere. Controla plagas como las ticonas, polilla de la quinua, polilla del tomate, pulgones, mosca blanca en tomate, y larvas de lepidópteros, como *Spodoptera*, falso medidor, *Helicoverpa*, *Heliothis* en soya, maíz y otros cultivos.

ACARITOP

Es un ecoinsecticida de contacto para el control de plagas. Sólo afecta a las plagas en la superficie de la planta. Su acción es efectiva mientras persista en la hoja. También controla el mildiu de la quinua y sirve como repelente de animales dañinos como ratones, conejos, vicuñas y otros.

VIGORTOP

Es un fertilizante orgánico a base de ácidos húmicos y fúlvicos y extractos de plantas. Promueve el desarrollo foliar del cultivo. Se utiliza en una gran diversidad de plantas: quinua, cultivos anuales, hortalizas, frutales, plantas ornamentales, etc.

BIOBULL

Es un agente moderno y natural para compostar. Mejora el proceso de compostaje y elimina olores indeseables. Producto orgánico basado en hierbas medicinales y aromáticas que contiene microorganismos cuidadosamente seleccionados con un bajo pH de 3,5. Son una mezcla de bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas y levaduras. Estos microorganismos trabajan para combatir aquellas bacterias que crean problemas fitosanitarios. Se usa para combatir olores, reducir los costos del volteo, acelerar el proceso de compostaje hasta en 50% y el potencial de tamizaje en 100%.

En el siguiente QR se presenta la información sobre los efectos, dosis y características de los bioinsumos que se utilizan en la estrategia de manejo del cultivo de quinua:

QR III.2: Productos, características y dosis de aplicación



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a la tabla Productos características y dosis de aplicación.

Fuente: Fundación PROINPA, 2022.

QR # III.3



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a imágenes de parcelas cultivadas según la estrategia de manejo.

QR # III.4



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a videos de parcelas cultivadas según la estrategia de manejo.

3.5. Agricultura regenerativa en los agroecosistemas de producción de quinua

Según Bonifacio et al. (2022) en la década de los ochenta, Robert Rodale argumentó que se necesitaba una “agricultura regenerativa” para restaurar la salud del entorno agrícola. La agricultura regenerativa —y enfoques similares como la agroecología— buscan imitar o aprovechar procesos ecológicos

complejos, por ejemplo, construir suelos saludables y conservar el agua manteniendo una cubierta vegetal permanente, diversificando especies y variedades e integrando cultivos con ganado, y a través del pensamiento de “sistemas” integrados, en lugar de aislar componentes. La agricultura regenerativa puede ser comparada con los procesos naturales antes de la intervención del hombre.

La agricultura regenerativa está “centrada en el suelo, en lugar de las semillas”, mejorando la materia orgánica del suelo al tiempo que mejora el ciclo biogeoquímico del carbono, el agua, el nitrógeno, el fósforo y otros nutrientes (Bonifacio et al., 2022). Consiste en rehabilitar el suelo y mantenerlo productivo el mayor tiempo posible para evitar la expansión agresiva a nuevas áreas (Ivanchuk, 2021). La fertilidad del suelo es necesaria no sólo para producir cultivos que satisfagan las necesidades humanas, sino también para proporcionar forraje para el ganado.

Según Ivanchuk (2021), además de mantener la fertilidad de las áreas actualmente cultivadas, las técnicas de agricultura regenerativa abarcan territorios abandonados más allá de las actividades de agricultura o los que ya están en desuso. En particular, incluye reforestación, restauración de turberas, fortificación de zonas de amortiguamiento, acuicultura ecológica y regenerativa, etc.

3.5.1. Principios de la agricultura regenerativa

Según McGuire (2018) existen múltiples versiones sobre los principios de la agricultura regenerativa, por ejemplo, aquellas que ofrecen su versión estrictamente orgánica, otras con un plan para revertir el calentamiento global, de agricultura de conservación y otras.

A continuación, se describen los principios de agricultura regenerativa (adaptado de Brown 2018; McGuire 2018 e Ivanchuk 2021):

Principio 1. Minimizar o eliminar la labranza

La construcción o reconstrucción del suelo es el foco principal de las prácticas “regenerativas”, si bien algunas versiones amplían esto para restaurar la salud animal, la salud humana y las comunidades, todo comienza con la salud del suelo. Para lograrlo, todos coinciden en que la agricultura debe minimizar o eliminar la labranza.

Principio 2. Uso de cultivos de cobertura

Es importante mantener el suelo con cobertura durante todo el año evitando suelos descubiertos y mitigando la erosión por el viento, porque mientras sopla no se puede acumular suelo y más bien se lo lleva el viento. Además, proporciona forraje y material de pastoreo para aves de corral y ganado.

Principio 3. Raíces de plantas vivas en el suelo el mayor tiempo posible

La idea es que el suelo siempre mantenga raíces de plantas vivas el mayor tiempo posible, este se ve favorecido si no hay labranza y siempre crece una planta viva.

Principio 4. Biodiversidad

Implica el aumento de la biodiversidad y la diversidad de plantas, a través de cultivos comerciales intercalados y cultivos de cobertura de alta diversidad. Asimismo, la rotación de cultivos, técnicas agroforestales y silvopastoriles.

Principio 5. Integrar la ganadería

En todas las versiones de la agricultura regenerativa, esto es crucial para que funcione, y la forma principal de obtener el impacto animal es a través del pastoreo. El tipo particular de pastoreo promovido por la agricultura regenerativa es el intensivo en manejo. El pastoreo de ganado agrega

diversidad a los productos producidos en la finca, agrega valor a los cultivos de cobertura (cultivos forrajeros anuales) y recicla nutrientes a través del estiércol.

Todos estos principios tienen como objetivo garantizar un ciclo de agricultura regenerativa temporada tras temporada, año tras año. Sin embargo, no son universales y sus combinaciones y aplicaciones dependen de las características específicas de cada granja y/o finca en particular (Ivanchuk, 2021).

3.5.2. Técnicas de agricultura regenerativa

La agricultura regenerativa no sólo se limita a salvar o restaurar bosques, agregar materia orgánica y aumentar la fertilidad del suelo. Los impactos ambientales de la agricultura regenerativa incluyen la captación de carbono eliminando su emisión a la atmósfera, la reducción de la contaminación del agua y del suelo, al usar menos insumos químicos, la mejora de la biodiversidad y otros (Ivanchuk, 2021).

Según Bonifacio et al. (2022), las técnicas de agricultura regenerativa (adaptado de Brown 2018; Lal 2020; Montgomery 2017; Sherwood et al., en prensa) incluyen:

- Eliminar y reducir los pesticidas.
- Minimizar la perturbación del suelo, por ejemplo, mediante la siembra directa sin arar.
- Mantener la cobertura del suelo, por ejemplo, a través de cultivos de cobertura, mantillo, árboles y otras plantas perennes que nutren el suelo y conservan la humedad.
- Agregar fertilizantes orgánicos y sembrar plantas que mejoren el suelo (p. ej., leguminosas fijadoras de nitrógeno) evitando los fertilizantes químicos.
- Integrar animales en el sistema. El pastoreo, el pisoteo y el estiércol mejora la salud del suelo.

3.5.3. Desarrollo e innovación de prácticas de agricultura regenerativa para contribuir a los agroecosistemas de quinua

La producción de quinua y particularmente de la salud del suelo están siendo afectados en su sostenibilidad, lo cual conduce a plantear alternativas de manejo basados en recursos vegetales nativos con un enfoque integral. La Fundación PROINPA desde el 2008 inició estudios sobre la biología reproductiva y la multiplicación de especies nativas arbustivas, pastos y leguminosas (Bonifacio et al., 2021a; Bonifacio et al., 2021b), de la mayoría de las especies dominantes del altiplano sur que se indica en la Tabla III.4.

Tabla III.4: Arbustos y pastos dominantes en el altiplano sur

Arbustos y leguminosas nativas	Pastos nativos y naturalizados
Sup'u t'ula (<i>Parastrephia lepidophylla</i>)	Iru icchu (<i>Festuca orthophylla</i>)
T'iti t'ula (<i>Lepidophyllum quadrangulare</i>)	Sikuya (<i>Stipa ichu</i>)
Uma t'ula (<i>Parastrephia lucida</i>)	Pasto morado (<i>Nassella</i> sp.)
Tara t'ula (<i>Fabiana densa</i>)	Pasto llorón (<i>Eragrostis curvula</i>)
Ñaka t'ula (<i>Baccharis tola</i>)	Cebadilla (<i>Bromus catharticus</i>)
P'isqu t'ula (<i>Baccharis boliviensis</i>)	Alkar (<i>Agropyron elongatum</i>)
Lampaya (<i>Lampaya castellani</i>)	Siwinqa (<i>Cortaderia</i> sp.)
Q'ila q'ila (<i>Lupinus</i> sp.)	

Fuente: Bonifacio et al. (2022); Bonifacio et al., 2021a; Bonifacio et al., 2021b.

Para cobertura del suelo con especies vegetales y la generación de Prácticas Agrícolas Sostenibles (PAS), la Fundación PROINPA, desde el 2008 inició estudios de la biología reproductiva de arbustos y pastos nativos y desde el 2013 a la fecha, con el apoyo de la Fundación McKnight, el Fondo de Innovación – DANIDA y recientemente del proyecto SATREPS, viene promoviendo el uso de 'franjas de vegetación multipropósito' como una práctica alternativa para contribuir a disminuir la erosión del suelo, además de sus múltiples beneficios; asimismo, la implementación de

prácticas de 'descanso mejorado del suelo con leguminosas nativas', el 'cultivo intercalar en tándem' y la 'cobertura vegetal con pastos', como alternativas para proporcionar cobertura, fijar nitrógeno atmosférico, producir materia verde e incorporar junto con la preparación del suelo para la producción de quinua.

Franjas de vegetación multipropósito

La implementación de 'franjas de vegetación multipropósito' también conocidas como 'barreras vivas multipropósito' en condiciones del altiplano sur, implica el uso de arbustos nativos y algunas gramíneas para contribuir en alguna medida a proteger el suelo y las plantas de quinua de los efectos perjudiciales del viento, así como también cumplir una función agroecológica como cobertura vegetal, hospedaje de enemigos naturales de plagas, mejora las condiciones para la microflora del suelo, contribuye al secuestro de carbono y es fuente de semilla para repoblamiento natural o dirigido para nuevas barreras (Imagen III.8).

Imagen III.8: Barrera multipropósito de: a) Arbustos, b) de Paja brava y c) de paja sikuya

a)



b)



c)



Fuente: Alejandro Bonifacio.

Según Bonifacio et al. (2021a) para la implementación de esta práctica aún no se cuenta con datos experimentales, puesto que esto depende de las características del suelo, la longitud y ancho de la parcela. Sin embargo, por las características del suelo del

altiplano sur y el régimen de vientos muy frecuente en los últimos veinte años, toda parcela destinada a la producción de quinua debería contar con franjas de vegetación o al menos linderos con suficiente población de plantas para su contribución.

El material vegetal nativo apropiado para las barreras vivas en zonas productoras de quinua no es abundante, sin embargo, se dispone de material adaptado a la zona. Estas especies son la Sup'u t'ula, Ñak'a t'ula, Uma t'ula, Tara t'ula, Lamapaya, Iru icchu y Sikuya. El diseño de la barrera depende del tipo de suelo, humedad, topografía, régimen de vientos y sistema de manejo del predio por parte del productor, en lugares con predominio de vientos se debe trazar en sentido perpendicular a su dirección. En general la distancia de separación entre franjas o barreras se recomienda entre 40 y 50 m, en suelos arenosos puede ser entre 25 a 30 m.

Cada barrera debe ser establecida con tres hileras de plantas incluyendo más de una especie asemejando una situación natural de la zona. La disposición de las plantas debe ser en tres-bolillo. Sin embargo, las condiciones locales determinan en definitiva la especie a establecer, puesto que hay una serie de factores que contribuyen al comportamiento de las especies —suelo, régimen de viento, helada, sequía, entre otros.

Según Bonifacio et al. (2021a) la elección de especies para implementar barreras vivas según el tipo de suelo es la siguiente:

- Barrera viva en suelo arenoso: Ñaka t'ula, Iru icchu, Sikuya y T'ti t'ula.
- Barrera viva en suelo arenoso con predominio de vientos y formación de dunas: Uma t'ula, Lampaya, Iru icchu y Sikuya.
- Barrera viva en suelo franco-arenoso: Sup'u t'ula, Ñaka t'ula, Sikuya Uma t'ula.
- Barrera viva en suelo franco-arcilloso: Sup'u t'ula y Sikuya.

Respecto al método de establecimiento, en condiciones de buena humedad del suelo persistente al menos por un mes, suelos francos a franco arenosos y ausencia de vientos fuertes, se sugiere aplicar

la siembra directa de semilla; mientras que, en suelos arenosos, humedad escasa, lluvia intermitente, presencia de vientos fuertes, se sugiere realizar mediante trasplante, lo que implica la obtención de plantines en vivero.

La época apropiada para la siembra directa o para el trasplante es al inicio de la época de lluvias, vale decir entre el 20 de diciembre al 20 de enero. Puede variar según la época en que se inicie la ocurrencia de lluvias. En ambos casos, se debe priorizar el tiempo necesario para que las plántulas o plantines puedan enraizar y soportar la sequía de otoño, invierno y primavera.

Una vez instalada la barrera viva, es necesario cuidar de los animales puesto que, en estado tierno, los arbustos son palatables para los animales excepto la Uma t'ula. Es recomendable el cercado con alambre durante el primer año de establecimiento, luego se puede retirar el cerco. Su mantenimiento consiste en reponer las plantas muertas por ataque de roedores (topo, liebre), o por animales domésticos como la oveja y la llama y por el paso de tractores (Bonifacio et al., 2021a).

Descanso mejorado del suelo con leguminosas nativas

Según Bonifacio et al. (2021b) en el altiplano sur se tiene una importante diversidad de plantas silvestres leguminosas que se conocen con los nombres nativos de salqa, sargawi, sarqarawi o q'ila-q'ila, entre ellas, se tiene a los ecotipos Orinoca, Habas Cancha y Local. En la experiencia desarrollada por PROINPA, se ha demostrado que estos tres ecotipos pueden ser aprovechados para mejorar la fertilidad, proporcionar cobertura, incorporar como abono verde y favorecer a un descanso mejorado del suelo (Imagen III.9).

Imagen III.9: Parcela en descanso con leguminosa nativa
(*Lupinus* sp.)



Fuente: Alejandro Bonifacio.

Las leguminosas nativas son generalmente bianuales o plurianuales en su crecimiento, es decir, que crecen por más de un año. Esas especies germinan en época de lluvias (diciembre y enero), se establecen y crecen en otoño, persisten en invierno, florecen en primavera y fructifican en verano. Es decir, crecen en una época donde el suelo no tiene cultivo de quinua (después de la cosecha). Por otra parte, estas plantas forman abundante materia verde en estaciones secas por sus raíces profundas, toleran las heladas de invierno y fijan nitrógeno en simbiosis con bacterias. En el caso del ecotipo Orinoca crece preferentemente en suelos arenosos, protegiéndolo contra la erosión.

Por las características que presentan las leguminosas nativas, Bonifacio et al., 2021b desarrollaron y plantearon las siguientes prácticas de agricultura regenerativa que PROINPA viene promoviendo para su implementación en interacción con productores.

Se recomienda sembrar la q'ila-q'ila también en aquellas parcelas que están en descanso para ayudar a recuperar la fertilidad del suelo por la producción de quinua. La siembra de q'ila-q'ila se realiza en época de lluvias y el suelo queda cubierto por las plantas,

protegiéndolo contra la erosión y contribuyendo a su fertilidad, además, forman abundante abono verde que al incorporarlo en el suelo en enero o febrero aporta con materia orgánica. Esta práctica constituye una ganancia para el suelo a diferencia de tenerlo sin vegetación, es decir, contribuye positivamente al desarrollo de una agricultura orgánica y regenerativa (Imagen III.10).

Una vez introducida la q'ila-q'la en la parcela, en cualquiera de las dos prácticas descritas, esta puede repoblarse de forma natural y sin necesidad de siembra. Además, puede colonizar la zona mediante la dispersión de semilla ya que las vainas son explosivas al secarse y, cada año, botan la semilla a una distancia de cuatro a cinco metros. Sin embargo, el repoblamiento es gradual debido a la dormancia de la semilla (Bonifacio et al., 2021b).

Imagen III.10: Parcela en descanso donde se ha sembrado q'ila-q'ila para cubrir el suelo y recuperar la fertilidad del suelo



Fuente: Alejandro Bonifacio.

Cultivo intercalar en tándem

La semilla de q'ila-q'ila tiene dormancia, es decir, no germina el mismo año de producción, por lo que debe ser tratada para romper la dormancia y lograr que germine una vez sembrada (Bonifacio et al., 2018).

La q'ila-q'ila en la época de las lluvias se siembra en forma intercalada entre hileras de plantas de quinua, cuando esta se encuentre en panojamiento (diciembre - enero). Luego de cosechar la quinua, la q'ila-q'ila permanece en crecimiento durante el otoño, invierno y primavera protegiendo el suelo de la erosión del viento y formando materia verde, además, fijan el nitrógeno de la atmósfera a través de sus raíces. Posteriormente en enero las plantas de q'ila-q'ila se incorporan al suelo junto con su preparación entre enero y febrero (Imagen III.11).

En las parcelas establecidas con q'ila-q'ila se deben cuidar del ingreso de ovejas en invierno ya que puede ser consumida y perjudicar en su desarrollo. Las plantas de q'ila-q'ila forman semilla entre diciembre y febrero y pueden ser cosechadas en esta época; la materia verde puede ser incorporada al suelo para la próxima campaña de cultivo de quinua.

Imagen III.11: Cultivo de quinua intercalado en tándem con q'ila-q'ila



Fuente: Alejandro Bonifacio.

Cobertura vegetal con pastos

Según Bonifacio et al. (2021) en el altiplano sur crecen algunos pastos nativos e introducidos que se pueden aprovechar muy bien para proporcionar cobertura al suelo. La semilla de los pastos nativos como el Iru ichu y la Sikuya se pueden recolectar y beneficiar para obtener semilla pura. Al inicio de las lluvias, la semilla limpia se siembra en forma directa en suelos franco-arenosos, en cambio, en suelos arenosos, es preferible multiplicar en bandejas alveoladas para luego trasplantarlos empleando plantadoras manuales.

Los pastos naturalizados como el Pasto morado, el Alkar y el Pasto llorón se adaptan en forma aceptable en el altiplano sur. Estos pastos se pueden sembrar directamente o trasplantarlos según las condiciones de textura y humedad del suelo. Estos pastos proporcionan cobertura vegetal al suelo y producen forraje para los animales, permitiendo la integración quinua-llama en el altiplano sur (Imagen III.12). La crianza de ganado —llamas y

ovejas— se complementa con la producción de quinua orgánica al proporcionar estiércol ya que es su insumo básico (Bonifacio et al., 2021c).

Imagen III.12: Parcela con cobertura de pasto llorón



Fuente: Milton Villca.

Protección del suelo y cambio de implementos de manejo de cultivo

Aplicar los principios de la agricultura regenerativa en el intersalar involucra retos de magnitud frente a las prácticas tradicionales arraigadas fuertemente en los productores. El uso de arados y rastras de discos es uno de ellos (Imagen III.13.); su uso frecuente lleva a la alteración de la estructura del suelo que influye en el almacenamiento de agua y la retención hídrica, la aireación, la penetración de las raíces y el ciclo de nutrientes (Justiniano, 2023).

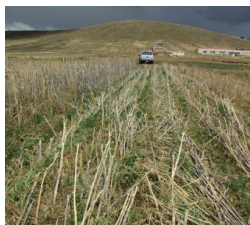
Imagen III.13: Preparación del suelo con arado



Fuente: Fundación PROINPA.

Es necesario el uso de implementos de siembra directa y abonadoras para mantener el suelo cubierto y protegido del efecto de vientos que son frecuentes y llegan a trasladar gran cantidad de suelo cada año. El implemento de amplia difusión en agricultura regenerativa se denomina “rolo cuchillo” y en lugar de voltear el suelo, lo protege al crear un manto de rastrojo del cultivo anterior y de los cultivos de protección como las q’ila-q’ila y otros en tándem (Imagen III.14).

Imagen III.14: Creación de un manto de rastrojo



Fuente: Alejandro Bonifacio.

El uso de drones agrícolas ha sido implementado en el cultivo de la quinua para realizar tareas de forma oportuna y en terrenos de poca accesibilidad para otro tipo de equipos. La fumigación de una hectárea de terreno se hace en veinte minutos y con un volumen de agua mucho menor al requerido con mochila manual (Imagen III. 15).

Imagen III.15: Aspersión de bioinsumos con dron agrícola



Fuente: Biotop, proyecto Biodron – Biotic 2021.

3.5.4. Certificación de agricultura regenerativa

En 2022 Andean Valley S.A. se constituyó en la primera empresa boliviana en obtener la Certificación Orgánica Regenerativa (ROC), estándar más alto para la agricultura orgánica en el mundo (Imagen III. 16). Este logro marcó un hito en la agricultura, abriendo un horizonte para consolidar un sistema alimentario sostenible, equitativo e inclusivo.

Imagen III.16: Certificación Orgánica Regenerativa (ROC) alcanzada por Andean Valley S.A.



Once certified an operation's ROC™ certification continues in effect until surrendered, suspended, or revoked.

Regenerative Organic Alliance • P.O. Box 622 Graton, CA 95444 • regenorganic.org

Fuente: Andean Valley S.A.

La Fundación PROINPA trabaja en alianza con Andean Valley S.A. y con familias de productores de quinua en el desarrollo participativo de innovaciones para la agricultura regenerativa y orgánica. El logro de Andean Valley S.A. demuestra el valor del trabajo en equipo de toda la cadena y, particularmente, de un nuevo enfoque en la relación con los productores y con los medios de producción.

La contribución de PROINPA para lograr esta importante certificación se traduce principalmente en el desarrollo e implantación de barreras vivas multipropósito, cultivos de relevo y en tándem con la quinua, cobertura vegetal del suelo con especies

arbustivas y pastos nativos, el uso de sembradoras - abonadoras, tecnología de siembra simultánea a la incorporación de compost y bioinsumos con certificación orgánica.

Esta certificación internacional es una muestra de que los enfoques de intensificación agroecológica y agricultura regenerativa pueden ser una realidad si los actores de la cadena agroalimentaria de la quinua coordinan y se concentran en generar cambios positivos en el sistema de producción e influyen positivamente en el ecosistema del altiplano intersalar. Más allá de esta región estas prácticas se usan y se promueven en Bolivia y en el mundo creando oportunidades de mercado para los productores.

QR # III.5



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a entrevistas con agricultores que están adoptando las innovaciones de la agricultura regenerativa.

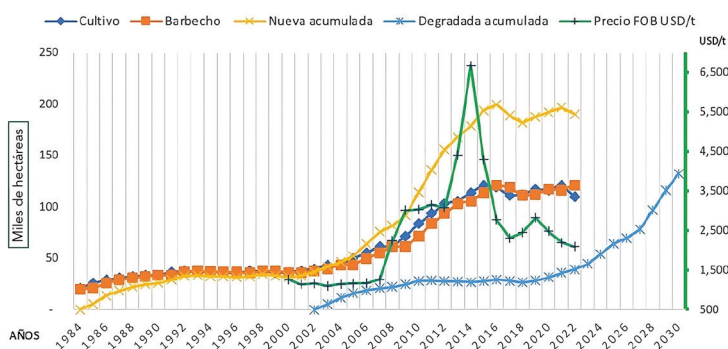
3.6. Propuesta para la sostenibilidad de la producción de Quinua Real en el altiplano sur de Bolivia¹ (que puede servir para otros cultivos y ecosistemas)

¹ Este segmento está basado en resultados de investigación y desarrollo conducidos por Jacha Inti Industrial S.A. y ejecutados por la ONG Impacto Positivo en la Comunidad desde el 2016 al 2023, con el apoyo de ADM CARE: Promover la producción sustentable de quinua en el altiplano boliviano. 2016-2018; Kashi: Salud del suelo para una agricultura sustentable. 2016-2018; responsAbility: Control de la erosión eólica en el Altiplano Sur de Bolivia. 2018-2022; Swisscontact: Gestión del carbono para el incremento de la productividad y sostenibilidad del cultivo de la Quinua Real en el altiplano sur de Bolivia. 2020-2021; Rhumveld: Promoción de la agricultura regenerativa en Quinua Real. 2020-2023. Todos los proyectos han tenido fondos de contrapartida de Jacha Inti Industrial S.A., así como de sus proveedores de quinua que aportaron con recursos propios, en especie y provenientes de la prima de Comercio Justo. Las opiniones vertidas en esta sección no representan, necesariamente, una postura institucional de Jacha Inti Industrial S.A.

Se conoce como Quinua Real a un conjunto de cultivares que se producen en el Altiplano Sur de Bolivia, en suelos arenosos y con un muy bajo contenido de materia orgánica. La superficie destinada a la quinua se ha incrementado aceleradamente desde los años 80, cuando se cultivaban unas 20.000 ha. A finales de los 2000, la superficie cultivada alcanzó las 40.000 ha, hasta sobrepasar las 100.000 ha en el 2012 y alcanzar un máximo de 120.000 ha en 2015. Eso se dio en respuesta al incremento de la demanda internacional y a los precios crecientes de exportación hasta el 2014 (Gráfico III.1). Si bien los precios han caído a niveles del 2008, la superficie cultivada no ha variado grandemente en los últimos años.

El rendimiento promedio de 1984 a 2021 es de 503 kg/ha, con extremos entre los 320 y 634 kg/ha (INE, 2021). Una simulación conservadora realizada para la zona, en la que se asume que el 85% de la tierra se degrada luego de 19 años de su primer cultivo, muestra que la tierra degradada actualmente representa un tercio de la cultivada anualmente. Sin embargo, en un periodo de seis años, puede igualar la superficie cultivada anualmente (Gráfico III.1.). Esto implica que en zonas donde la expansión agrícola ha llegado a su límite, el cultivo de la quinua puede verse severamente afectado, con una caída en los rendimientos y la superficie total cultivada. Aquellas áreas que todavía pueden incorporar tierras nuevas tendrán el mismo destino en pocos años si mantienen las formas actuales de cultivo.

Gráfico III.1: Evolución del cultivo de la tierra (ha) en el altiplano sur y precios de exportación de quinua (USD/t)



Fuente: Elaboración propia con base en INE.

Aunque existe ganadería en la zona, la aplicación de estiércol es reducida y la cantidad total disponible alcanza apenas para un 15% de la superficie cultivada. Este dato se obtiene con base en un inventario de la cantidad de ganado existente en la zona, una capacidad de colecta del 50% y un uso similar destinado a la quinua. Si bien son cálculos gruesos, el mensaje es claro, en la zona no se genera la cantidad suficiente de materia orgánica que requiere el cultivo de la quinua.

Por tanto, queda la cuestión: ¿cómo se puede incrementar de manera sostenible la productividad de la quinua en el Altiplano Sur de Bolivia?

En primer lugar, devolviéndole la salud al suelo.

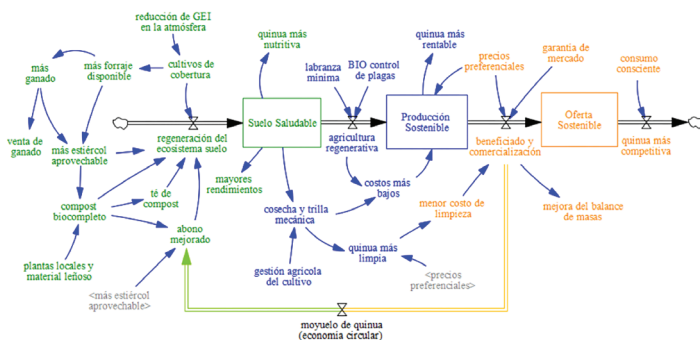
La idea es restablecer el equilibrio biológico del ecosistema suelo y luego generar las condiciones para que prospere. Esto implica reintroducir los microorganismos locales mediante la elaboración de un inoculante biocompleto, o compost, y la introducción de cantidades masivas de materia orgánica a través de cultivos de cobertura que luego serían incorporados al suelo. Se ha probado que el cultivo de cebada y triticale es factible² y puede ser escalable

² Otro cultivo de cobertura con potencial es el tarhui silvestre (*Lupinus sp.*), si

a toda la superficie cultivada en el altiplano sur, se han obtenido rendimientos promedio de 5t/ha de materia verde y con un costo mucho menor que el estiércol. El uso de enmiendas orgánicas elaboradas con estiércol y moyuelo de quinua enviado desde las plantas beneficiadoras ha funcionado bien, pero su límite es de unas 1.000 t/año.

En la Imagen III.18 (variables de color verde) se observa que la obtención de un suelo saludable genera externalidades positivas, como la reducción de gases de efecto invernadero por la captura de carbono de la atmósfera y su fijación al suelo como materia orgánica a través de los cultivos de cobertura; el incremento de la cantidad de ganado y mejora en su calidad por el aumento del forraje disponible, que genera ingresos adicionales y aumenta la cantidad de estiércol para abonamiento; y la producción de quinua más nutritiva, ya que los cultivos que provienen de suelos saludables tienen una mejor composición de nutrientes. Un elemento adicional, es que una vez obtenido un compost biocompleto, que contenga las cantidades y variedad mínima de microorganismos benéficos (aeróbicos), como bacterias, hongos, nemátodos y protozoarios, microartrópodos y otros, se puede preparar un compost líquido o té de compost para acelerar la escala de regeneración del suelo.

Imagen III.17: Esquema causal de la estrategia para la sostenibilidad del cultivo de la Quinua Real en Bolivia



Fuente: Elaboración propia.

bien se tiene todavía algunos limitantes prácticos para su escalamiento como la disponibilidad de semilla y la gestión de su cultivo en zonas no endémicas.

Habiendo implementado los pasos anteriores, es imperativo conservar la vida y materia orgánica del suelo. Esto se puede lograr minimizando el movimiento de la tierra (es decir, remplazando la rastra y arado de discos con prácticas de labranza mínima o labranza cero), eliminando el uso de sales minerales (todos los suelos tienen suficientes minerales para producir cosechas abundantes y sostenibles, y los suelos del altiplano sur no son una excepción) y descartando para siempre los productos agroquímicos. Una alternativa para el control de plagas y enfermedades es, precisamente, el té de compost. Puede tomar algún tiempo encontrar el nuevo equilibrio, pero hay evidencias de sobra que indican que este es el camino a seguir.

Con un suelo saludable se puede multiplicar los rendimientos actuales, el potencial genético de la Quinua Real lo permite.

Segundo, reduciendo los costos de producción.

La obtención de un suelo saludable es un requisito indispensable para el uso de otras tecnologías, representadas en color azul en la Imagen IV.18. Como se mencionó, los cultivos de cobertura ayudan a abaratar el costo de la materia orgánica y el aumento de rendimientos tiende a reducir el costo unitario. Además, cuando el ecosistema del suelo está en equilibrio, las plantas son más fuertes y se mantienen sanas. La misma relación presa/depredador que proporciona nutrientes disponibles para las plantas en el suelo también se encarga de mantener a raya a los patógenos.

Sin embargo, el mayor beneficio viene luego. Un suelo saludable es más suelto y húmedo, lo que permite la labranza mínima o labranza cero, reduciendo significativamente los costos de laboreo. Además, la introducción de la cosecha mecánica, que es donde se incurre en los costos más altos en la producción de quinua en el altiplano sur de Bolivia, puede llevar a un ahorro de al menos el 30% del costo total.

Una cosechadora combinada que corta, trilla y acarrea reduciría el costo de mano de obra en corte manual, amontonamiento para secado, acarreo para trilla, trilla, separado de la broza, cernido, venteado, embolsado y demás labores. Además, se reduciría las

pérdidas durante el proceso y la quinua resultante estaría más limpia, teniendo solamente grano y trozos de la planta de quinua evitando la contaminación con tierra, piedra porosa, cuarzo y deposiciones de roedores (menos tiempo de exposición en campo) que encarecen su lavado para consumo y exportación. La cosecha mecánica no es selectiva, así que se precisa la gestión del cultivo (evaluar diferentes densidades y métodos de siembra, entre otras cosas) y el uso de cultivares agregados por periodo de maduración.

Un error conceptual cometido hasta la fecha, y principalmente durante el apogeo de la quinua, ha sido desarrollar prototipos de máquinas que se adecúen a las condiciones de cultivo de la Quinua Real. Lo que se propone ahora es adecuar el cultivo de la quinua para utilizar cosechadoras existentes, que solamente precisan ajustes para su operación.

Hay obviamente una inversión inicial más alta, pero esta se traduce en costos más bajos, mayores rendimientos y, por tanto, mayor rentabilidad del cultivo.

Tercero, garantizando el mercado y precios preferenciales.

En la Imagen III.18. se observan distintas acciones para obtener un suelo saludable (representadas en verde), las cuales permiten la implementación de tecnología para una producción sostenible (representada en azul). Sin embargo, todas estas acciones no tendrían valor a menos que el producto final pueda ser vendido (representado en rojo).

Si bien las exportaciones han caído, la demanda por quinua de calidad, libre de pesticidas y producida de manera sostenible es alta, especialmente en Europa, y actualmente no puede ser abastecida debido a que la quinua que se produce no satisface los parámetros de calidad exigidos. Por tanto, un requisito fundamental de esta propuesta es que el cultivo se base en principios de agricultura regenerativa y obtenga la correspondiente certificación ROC (del inglés *Regenerative Organic Certified*) o algo similar. La producción de quinua ROC en Bolivia puede ser más competitiva que la convencional, ya que las condiciones de cultivo

en un clima frío y seco hacen que los costos de control biológico de plagas, enfermedades y malezas sean más bajos que en un ecosistema cálido y húmedo. Esto, junto con la calidad intrínseca de la Quinua Real, puede posicionarla más favorablemente en el mercado internacional.

Adicionalmente, las empresas exportadoras reciben una materia prima más limpia y con grano más grande, lo que les permite reducir sus costos de limpieza y mejorar el balance de masas. Esto permitiría que paguen un precio más alto por la materia prima y, a la vez, competir más favorablemente en el mercado internacional, garantizando mercado para la quinua boliviana.

La tecnología para la limpieza de la Quinua Real es diferente al resto de la industria alimenticia y ha sido desarrollada y adaptada a lo largo de los años por innovadores locales. En la actualidad, la tendencia es reducir los costos por tonelada de quinua procesada incrementando la escala del negocio y la automatización del proceso para aumentar los niveles de eficiencia y de competitividad. El proceso se puede certificar con un sistema de trazabilidad confiable en el que los actores involucrados en la cadena de producción de quinua puedan rastrear y documentar cada etapa del proceso. De esta manera, se puede verificar la autenticidad del producto, asegurando que cumple con los estándares de calidad y seguridad establecidos.

Un error estructural es excluir a la industria exportadora de la investigación y los planes de desarrollo, ya que la quinua boliviana es un producto mayormente de exportación. Para tener un mayor impacto, la investigación en quinua debe considerar el mercado, el sistema productivo y las posibilidades de escalamiento de las alternativas propuestas.

Finalmente, esto ha de funcionar porque todos ganan.

Cada etapa de la propuesta es sostenible de manera independiente, se ha probado el concepto de economía circular y evaluado los rendimientos con una enmienda orgánica con moyuelo de quinua, también se ha probado que es factible la producción de materia verde con cultivos de cobertura. Queda pendiente de evaluación

y prueba la regeneración biológica del suelo y la posterior gestión del cultivo más la tecnología que esto permitiría utilizar, pero hay suficiente evidencia práctica para respaldar su éxito.

Los agricultores incrementan sus rendimientos, reducen costos y reciben precios preferenciales para toda la quinua de agricultura regenerativa que puedan producir. Esto hace más atractivo el cultivo y provee una mayor cantidad de quinua para las plantas exportadoras que, a su vez, pueden procesarla más rápidamente y a un menor costo. Por su parte, los consumidores se pueden beneficiar con una oferta sostenible de alta calidad. Adicionalmente se generan externalidades positivas como el mejoramiento de la ganadería, la captura de gases de efecto invernadero y la protección al medioambiente.

¡Salvemos el suelo!

3.7. Referencias bibliográficas

Alandia, G., Rodríguez, J. P., Palmgren, M., Condori, B., & López-Marqués, R. L. (2021). *Advances of Biotechnology in Quinoa Production: A Global Perspective*. *Biology and Biotechnology of Quinoa: Super Grain for Food Security*, 79-111.

Andressen R.; Monasterio N. y Tercero L.F. Regímenes climáticos del altiplano sur de Bolivia: una región afectada por la desertificación. 2006. *Revista Geográfica Venezolana* 48(1): 11-32.

Aroni, J.C. (1995). Manejo de cosecha y poscosecha en el cultivo de quinua. En: *Memoria del Seminario sobre Investigación, Producción y Comercialización de la quinua*, Estación Experimental de Patacamaya, 9 al 11 de noviembre. Pp. 46-48.

Arze, S., Lima, P., & Medinacelli, X. (2015). Bolivia, su historia (Tomo I): Cuadro cronológico de culturas prehispánicas. La Paz, Bolivia, Plural ediciones. 171 p.

Ayala, O. y Almanza, M. 2021. Almacenamiento de carbono orgánico en suelos agrícolas de la zona intersalar potosino en diferentes tipos de uso. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, La Paz, vol.8, n°2, pág. 7-19. Agosto, 2021.

Bonifacio, A.; Aroni, G. & Villca, M. (2012). Catálogo etnobotánico de la Quinua Real. Fundación PROINPA, Poligraf, Cochabamba Bolivia. 122 p.

Bonifacio, A. (2022). La diversidad de especies leguminosas, arbustos y pastos multipropósito del agroecosistema en el altiplano árido de Bolivia. Tesis de Ingreso Académico de Número La Paz, Bolivia. Academia Nacional de Ciencias de Bolivia. 59 p.

Bonifacio, A., Aroni, G., & Villca, M. (2012). Catálogo etnobotánico de la Quinua Real. Fundación PROINPA, Cochabamba, Bolivia. 123 p.

Bonifacio, A., Gómez-Pando, L., & Rojas, W. (2014). Mejoramiento genético de quinua y el desarrollo de variedades modernas. p. 203–226. In: Bazile et al. (eds). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO, Santiago de Chile y CIRAD, Montpellier, Francia.

Bonifacio, A. (2019). *Improvement of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) and Qañawa (Chenopodium pallidicaule Aellen) in the Context of Climate Change in the High Andes*. Cien. Inv. Agr. 46(2):113-124. E

Bonifacio, A.; Aroni, G.; Villca, M. & Bentley, J.W. (2022). Recovering from Quinoa: *Regenerative Agricultural Research in Bolivia*, Journal of Crop Improvement. 1-22 pp. DOI: 10.1080/15427528.2022.2135155

Bonifacio A.; Aroni G.; Villca M. y Alcon M. (2021a). Barreras vivas multipropósito: Una alternativa para zonas productoras de quinua afectadas por la erosión de suelos. Ficha Técnica, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

Bonifacio A.; Aroni G.; Villca M.; Apaza B. y Alcon M. (2021b). Las leguminosas nativas en el mejoramiento de la fertilidad del suelo en parcelas productoras de Quinua Real en el altiplano sur de Bolivia. Ficha Técnica, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

Bonifacio A.; Aroni G.; Villca M.; Alcon M. y Apaza B. (2021c.) Sostenibilidad del sistema de producción de Quinua Real en Bolivia. Ficha Técnica, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia.

Bonifacio A.; Alcon M.; Aroni G.; Villca M. diciembre 2018; Métodos de recolección y tratamiento de semilla de Salqa o Q'ila-Q'ila (*Lupinus spp.*). Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 5:81-89.

Brown, G. (2018). *Dirt to Soil: One Family's Journey into Regenerative Agriculture*. White River Junction, Vermont: Chelsea Green Publishing.

Camarena, F., Chura, J.; Blas, R.H. (2014). Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas. UNALM-AGROBANCO, Lima, Perú. 278 p.

Donovan, M. (2020). ¿Qué es la intensificación sustentable? CIMMyT. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/que-es-la-intensificacion-sustentable/>

Cossío, J. (1995). Preparación del suelo. En: Memoria del Seminario sobre Investigación, Producción y Comercialización de la quinua, Estación Experimental de Patacamaya, 9 al 11 de noviembre. Pp. 27-28.

Cossío, J. (1995). Cosecha. En: Memoria del Seminario sobre Investigación, Producción y Comercialización de la quinua, Estación Experimental de Patacamaya, 9 al 11 de noviembre. Pp. 44-45.

Cutipa, S.O. (1998). La crianza de la oca, olluco e izaño. En: La Crianza Mutua en las Comunidades Aymaras. Asociación Chuyma Aru – Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas, Lima, Perú. Pp 89- 194.

Espíndola, G., & Bonifacio, A. (1996). Catálogo de variedades mejoradas de quinua y recomendaciones para producción y uso de semilla certificada. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria, Comité departamental de semilla, oficina y Laboratorio de Semillas. Boletín No 2.

Gandarillas, H. (1982). El cultivo de la quinua. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios. La Paz, Bolivia. 21 p.

Gandarillas, H. (1979). Mejoramiento genético. En: Quinua y kañiwa, cultivos andinos. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), Bogotá, Colombia, Serie Libros y materiales educativos No. 40. Pp. 65-82.

Glick, B. R. (2012). *Plant Growth-promoting Bacteria: Mechanisms and Applications*. Scientifica, 2012, artículo 963401. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>.

Great Plains. S.f. Labranza vertical. En línea: https://cdn-assets.greatplainsmfg.com/ag_files/1996d-gpi_vertical_tillage_catalog-web.pdf.

Gómez-Pando, L., and E. Aguilar. (2016). Guía de cultivo de quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú. 121 p.

Hernández, Y. (1998). Bacterias fijadoras asimbióticas de nitrógeno. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas, 32.

Heredia-Acuña, C., Almaraz-Suarez, J. J., Arteaga-Garibay, R., Ferrera-Cerrato, R., & Pineda-Mendoza, D. Y. (2018). *Isolation, Characterization and Effect of Plant-growth-promoting rhizobacteria on Pine Seedlings (Pinus pseudostrobus Lindl.)*. Journal of Forestry Research, 30, 1.727-1.734. <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0723-5>

Iñiguez, L. & Alem, R. (1996). La función de los camélidos como medio de transporte e intercambio en la región andina de Bolivia. En: El uso de animales de propósito múltiple, World Animal Review. En línea: <https://www.fao.org/3/W0613T/w0613T07.htm#la%20funci%C3%B3n%20de%20los%20cam%C3%A9lidos%20como%20medio%20de%20transporte%20e%20intercambio>

Ivanchuk, N. (2021). Agricultura regenerativa: Camino a un futuro seguro. Científica en EOSDA. <https://eos.com/es/blog/agricultura-regenerativa/>. Fecha de publicación: 08.06.2021. Consultado: 16 de abril de 2023.

Lal, R. (2020). *Regenerative Agriculture for Food and Climate*. Journal of Soil and Water Conservation 75 (5): 123A–124A. doi:10.2489/jswc.2020.0620A.

Martins, N. (2004). *Os fosfatos na cana-de-açúca*. Escola Superior de agricultura Luiz

McGuire, A. (2018). Agricultura Regenerativa: Principios Sólidos, Afirmaciones Extraordinarias. Publicado por Andrew McGuire | 4 de abril de 2018 / Consultado: 16 abril 2023. En línea <https://csanr.wsu.edu/regen-ag-solid-principles-extraordinary-claims/>

Montgomery, D. R. (2017). *Growing a Revolution: Bringing Our Soils Back to Life*. New York: Norton.

Navia, O.; Ortuño, N.; Oruña, O.; Lino, V.; Gandarillas, A. (2015). La quinua organica: estrategia de manejo integrado del cultivo. Ficha técnica. Fundación PROINPA- FONTAGRO. Bolivia.

Orsag, V., León, L., Pacosaca, O., Castro E. (2013). Evaluación de la fertilidad de los suelos para a producción sostenible de quinua. Tinkazos. 16. 89-112

Osorio NW (2008). *Effectiveness of Microbial Solubilization of Phosphate in Enhancing Plant Phosphate Uptake in Tropical Soils and Assessment of the Mechanisms of Solubilization*. Ph. Dissertation, University of Hawai'i, Honolulu.

Pardo, S.; Mazo, D. y Rojas, D. (2021). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal: filogenia, microbioma y perspectivas. Corporación colombiana de investigación agropecuaria – AGROSAVIA.

Peña, H. B., & Reyes, I. (2007). Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y disolventes de fosfatos en la promoción del crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Interciencia*, 32(8), 560-565.

Peterson, A., Jacobsen, S.-E., Bonifacio, A., & Murphy, K. (2015). *A Crossing Method for Quinoa*. *Sustainability* 2015, 7(3), 3230-3243; <https://doi.org/10.3390/su7033230>.

PROINPA. (2022). Informe Técnico Año 1 Proyecto Mercados Inclusivos. Swisscontact. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 191 p.

PROINPA, (2022). Bioinsumos: Fichas técnicas de Bioinsumos. Fundación PROINPA. Bolivia. www.proinpa.org.

Saad, M. M., Eida, A. A., & Hirt, H. (2020). *Tailoring Plant-associated Microbial Inoculants in Agriculture: A Roadmap for Successful Application*. *Journal of Experimental Botany*, 71(13), 3.878-3.901.

Sherwood, S., M. Caulfield, M. Paredes, R. M. Borja, and P. Oyarun. inpress. *Responsability: Establishing Regenerative Soil Management in the Northern Andes*, Chapter 36. In *Biological Approaches to Regenerative and Resilient Soil Systems*, edited by N. Uphoff and J. Thies. Boca Raton: CRC Press

Soto, G. (1995), Ganadería andina y sociedad pastoril aymara. En: Wayra pampa, un sistema pastoril camélido-ovino en el altiplano árido boliviano. D. Genin, H.J. Picht. R. Lizarazu y T. Rodríguez (eds.). OSTOM-IBTA-CONPAC. La Paz, Bolivia. 27-33 pp.

Tapia, M. E., & Fries, A.M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima, Perú. 209 p.

Torres, V. (2020). Uywanakuy. Ritual y crianza mutua entre humanos y no humanos en el sur andino de Perú. *Iberoforum*. 15(29), 135-179.

Tupa J. (2001). Efectos de la actividad humana en la degradación de suelos en agroecosistemas fronterizos del altiplano Sud (Collcha K, San Juan y San Pedro de Quemes, Prov. Nor Lipez, Dpto. de Potosí). Tesis Mg. Desarrollo Agrario. CIDES-UMSA, Universidad Mayor de San Andrés. 165 p.

Ward, S.M. (1998). *A New Source of Restorable Cytoplasmic Male Sterility in Quinoa*. *Euphytica* 101:157–163.

Winkel, T. (2013). Quinoa et quinueros - Quinoa y quinueros. Institut et Recherche pour le Developpement, IRD Editions. Marseille, France. 176 p.

Winkel, T.; Cruz, P.; Álvarez-Flores, R.; Bertero, D.; Del Castillo, C.; Gasselin, P.; Joffre, R.; Peredo Parada, S.; Sáeza, L.; Vassas-Toral, A., & Vieira-Pak, M. (2015). El presunto desastre ambiental y social de la Quinoa Real: desarmar los clichés para reforzar la ética. *T'inkazos*, 38:127-142.

Zuberer, D. (1998). *Biological Dinitrogen Fixation: Introduction and Nonsymbiotic*. En principles and applications of soil microbiology. New Jersey: Prentice Hall.

4.

TECNOLOGÍAS DE BENEFICIADO, PRODUCTOS Y DERIVADOS CON VALOR AGREGADO - SUBPRODUCTOS DE LA DESAPONIFICACIÓN Y SUS APLICACIONES EN DIFERENTES INDUSTRIAS

Ramiro Escalera - Carmen Carla Quiroga

Resumen

La quinua es un grano de origen andino de excelentes propiedades nutricionales y funcionales, cuyo cultivo está creciendo significativamente en otros continentes. Los granos, sin embargo, poseen en su episperma saponinas que son antinutrientes y que, además, le otorgan un sabor amargo, lo que hace necesario someterlos a un proceso de beneficiado para separarlas. Lo interesante del caso es que las saponinas contenidas en los polvos generados en el proceso tienen diversas propiedades funcionales que pueden ser utilizadas como ingredientes en formulaciones de alimentos y bebidas, fármacos, cosméticos, fungicidas e, incluso, lodos de perforación.

Este capítulo describe: el estado del arte de la tecnología convencional de beneficiado de los granos utilizada en Bolivia; los atributos, ventajas y limitaciones del beneficiado en seco

desarrollado por la Universidad Privada Boliviana (UPB); los productos actualmente comercializados a nivel nacional e internacional y los usos innovadores y potenciales del grano y de las saponinas en productos aplicados en diversos rubros de la actividad industrial, agrícola y medicinal.

Palabras clave: Tecnología de beneficiado, propiedades funcionales del grano, usos de saponinas, productos de alto valor agregado.

Introducción

Durante los últimos 20 años, el grano de quinua ha ganado importancia mundial por sus propiedades nutricionales, especialmente por la calidad de sus proteínas que contienen aminoácidos esenciales que el organismo humano no puede producir. Por esta razón, su cultivo se ha introducido a otros países, localizados en casi todos los continentes. Sin embargo, la mayoría de las variedades cultivadas, especialmente en los principales países productores: Perú, Bolivia y Ecuador, contienen porcentajes significativos de compuestos antinutricionales denominados saponinas que, además, le otorgan un sabor fuertemente amargo. En consecuencia, los granos de quinua deben someterse a procesos de beneficiado (desamargado) para adecuarlos al consumo humano como grano perlado, que luego es utilizado de manera directa o como materia prima para producir derivados con alto valor agregado.

En los procesos de beneficiado se generan polvos ricos en saponinas, las cuales, debido a sus propiedades emulsificantes, surfactantes y antioxidantes, constituyen materia prima e ingredientes para la formulación de productos farmacéuticos, cosméticos y alimenticios.

Objetivos del capítulo

Describir y analizar el estado actual de las tecnologías tradicionales y convencionales de beneficiado de granos de quinua en Bolivia, enfatizando en sus indicadores de eficiencia técnica, energética y ambiental. También, describir el proceso de beneficiado en seco

desarrollado a escala de laboratorio por la UPB, dando relevancia a sus atributos, ventajas y potencialidades respecto a las tecnologías convencionales, si se logra su escalamiento.

Por otra parte, se describen los usos tradicionales y no tradicionales; usos innovadores y potenciales de los productos derivados del grano beneficiado en la industria de alimentos y bebidas. También se define la naturaleza y propiedades de las saponinas y sus diferentes usos en la agricultura, la medicina, la cosmetología y la industria en general.

4.1. Sistemas tradicionales de beneficiado del grano de quinua

El beneficiado tradicional se realiza para desamargar el grano y adecuarlo para la elaboración de alimentos y comidas típicas, tales como el pito, la phisara, la mukuna y la sopa tradicional. Según el alimento que se pretende elaborar, la eliminación de saponinas requiere diferentes secuencias de etapas y tiempos de procesamiento. Sin embargo, todas ellas incluyen el tostado, venteado, lavado y secado normalmente al sol. La Imagen IV.1 muestra las etapas de tostado, pisado, venteado, lavado y secado realizado por mujeres en algunas comunidades de Potosí. (Quiroga et al., 2014).

Imagen IV.1: Beneficiado tradicional de remoción de saponinas.
Etapas de tostado, pisado, venteado, lavado y secado



Tostado en bateas metálicas,
30-40 min.



Pisado en saruna,
30-60 min.



Venteado,
20-40 min.



Lavado en varias etapas,
25-35 min.



Secado al sol,
2-4 hrs.

Fuente: Quiroga et al., 2014.

4.2. Tecnologías convencionales de beneficiado del grano de quinua

El tamaño del grano cosechado no es uniforme, (1,4 - 2 mm) y contiene impurezas, especialmente residuos de broza, ramas, hojas y piedrecillas, así como granos quebrados, dañados, de color, germinados, recubiertos e inmaduros. El proceso de beneficiado de la quinua consiste en obtener granos que cumplan con los estándares de calidad en cuanto a tamaño, impurezas o materiales extraños, requisitos bromatológicos y microbiológicos (IBNORCA, 2007). Para ello, en la tecnología convencional los granos se someten a una serie de etapas que comprenden: a) la selección preliminar, remoción de impurezas y almacenamiento; b) la remoción de saponinas, normalmente realizada por la vía combinada de escarificación (vía seca), lavado y centrifugado (vía húmeda); c) secado; d) clasificación por tamaños; e) clasificación óptica para la separación de granos de otro color; y f) la remoción de impurezas residuales.

4.2.1. Selección preliminar, separación de impurezas y almacenamiento

La materia prima que se lleva a la planta beneficiadora, por lo general en bolsas plásticas de polipropileno u otro material de 1 qq, es previamente clasificada en zarandas simples provistas de una placa perforada de orificios de 3 mm de diámetro y una malla trenzada con 1,2 mm de distancia entre hilos (Quiroga et al. 2010). La velocidad de proceso es de 1 qq cada 2 a 3 minutos.

Los productos y residuos de la selección son cinco:

- Granos de primera (diámetro mayor 2,2 mm) (90 a 95 %)
- Granos de segunda (diámetro menor a 2,2 mm)
- Polvo (saponina principalmente)
- Impurezas livianas gruesas (ramas, hojas)
- Impurezas pesadas (piedras)

El polvo se descarga al ambiente, las impurezas se desechan, la quinua de segunda se devuelve al productor o se compra a precio diferenciado juntamente con la de primera, las mismas que son pesadas generalmente en una balanza de brazo.

La quinua comprada se almacena en bolsas plásticas o de otro material de 1 qq en recintos de capacidad suficiente para procesar algunos miles de quintales por mes. Algunas beneficiadoras de gran capacidad de procesamiento utilizan silos metálicos (Imagen IV.2).

Imagen IV.2: Silos de almacenamiento de la empresa Complejo Industrial y Tecnológico Yanapasiñani S.R.L. (CITY)



Fuente: Quiroga et al., 2014.

4.2.2. Remoción de saponinas

El proceso de remoción de las saponinas —desaponificación—, es una de las etapas más importantes del beneficiado del grano y, en los últimos años, se han desarrollado tecnologías apropiadas que remueven las saponinas por debajo de los límites de aceptabilidad, sin detrimento de sus propiedades nutricionales.

A continuación, se presenta la situación actual de las tecnologías que se están usando en las empresas beneficiadoras de quinua en Bolivia a escala industrial, presentando la evolución y mejoras desarrolladas en la última década en lo que se refiere a sus indicadores de eficiencia energética, e indicadores de capacidad y su desempeño ambiental.

4.2.2.1. *Situación actual de las tecnologías que se están usando en las empresas beneficiadoras de quinua en Bolivia a escala industrial*

El 2021 se identificaron 24 empresas beneficiadoras de quinua que operaban en Bolivia, de las cuales dos pertenecían a asociaciones de productores: Asociación Nacional de Productores de Quinua (ANAPQUI) y Asociación de Productores de Quinua Salinas (APQUISA).

Se realizó una encuesta a 19 de las 24 empresas con el propósito de obtener información sobre aspectos productivos y tecnológicos, indicadores de eficiencia energética e indicadores ambientales (Escalera y Quiroga, 2021).

Los resultados más importantes revelados a través de la encuesta sobre el estado del arte se presentan a continuación:

Información general de las empresas beneficiadoras y comercialización

- La industria beneficiadora de quinua inicia en 1974 y se multiplica significativamente entre el 2005 y el 2015 con la creación de la mayoría de las empresas a nivel nacional, coincidiendo con el crecimiento de la demanda internacional.
- Las 24 empresas identificadas están mayormente localizadas en la ciudad de El Alto, y varias provincias productoras de quinua en el departamento de Oruro.
- La quinua procede principalmente del altiplano sur que incluye la región entre los salares de Uyuni y Coipasa, donde se producen varios ecotipos de la Quinua Real.
- La mayoría de las empresas compran la quinua previamente limpiada, directamente de los productores y, en mucho menor grado, de los intermediarios.

Aspectos productivos y tecnológicos

- De 16 empresas encuestadas, un 54% produce más de 1.000 t/año y un 46% menos de 1.000 t/año.
- Todas las empresas utilizan el proceso combinado (seco y húmedo) convencional para el beneficiado de la quinua consistente en la siguiente secuencia de operaciones unitarias:
 - Limpieza y clasificación inicial por tamaños.
 - Escarificado en seco.
 - Lavado y centrifugado con agua.
 - Secado de los granos.
 - Clasificación final con sensores ópticos y magnéticos.
 - Envasado y almacenado.
- Este proceso permite beneficiar el grano de quinua, mejorando su calidad hasta satisfacer los requerimientos normativos exigidos por los mercados internacionales y nacional.
- El consumo específico de energía eléctrica en todo el proceso de beneficiado promedia 98 kWh/t.

- El consumo específico de energía eléctrica en las etapas de remoción de saponinas: escarificado, lavado, centrifugado y secado, promedia 74 kWh/t.
- El consumo específico de gas licuado de petróleo, usado en el proceso de secado, promedia 14,3 kg/t (14 garrafas de 10 kg, aproximadamente).
- El consumo específico de gas natural, también usado en el proceso de secado, promedia 13,7 m³/t.
- La pérdida de masa en el proceso de escarificado (producción de mojuelo con alta concentración de saponinas) promedia 4,86% respecto de la masa de quinua procesada. Esta pérdida varía entre 1,10% a 18,4%.
- Un 60% de las empresas consume menos de 5 m³/t de agua potable, sin embargo, un 13% aún tiene un consumo específico mayor a 10 m³/t. El promedio de este consumo es de 4,86 m³/t. El abastecimiento proviene mayormente de pozos propios.
- Existe una relación exponencial inversa entre el porcentaje de pérdida de masa en el proceso de escarificado (producción de mojuelo) y el consumo específico de agua.

Aspectos ambientales

- El 50% de las empresas trata las aguas residuales contaminadas con sólidos suspendidos y saponinas por sedimentación física y también química con la adición de coagulantes y floculantes (estos tratamientos no son específicos para remover las saponinas solubles que también están presentes en el agua residual). La otra mitad no hace ningún tratamiento.
- La mitad de las empresas descargan sus aguas residuales (tratadas y no tratadas) al sistema de alcantarillado y un 38% lo hacen directamente al medio ambiente mediante carros cisterna.

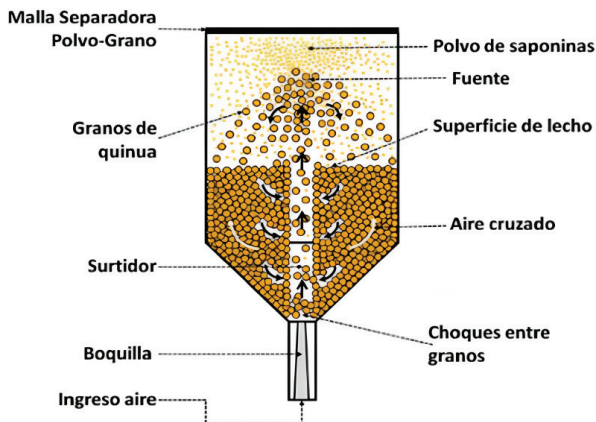
4.3. La tecnología seca del lecho surtidor

Principio de funcionamiento

La Imagen IV.3 muestra el esquema de funcionamiento del lecho surtidor (LS). El aire proveniente de un compresor atraviesa una boquilla para entrar a un recipiente cilíndrico-cónico. En la base del cono se genera un surtidor en cuya trayectoria los granos chocan entre sí con fuerzas suficientes para remover las capas externas donde se encuentran las saponinas en forma de un polvo.

Al final del surtidor, los granos se elevan hasta una altura donde la gravedad actúa para que los mismos descendan formando una fuente y retornan por la parte lateral del surtidor. El polvo removido atraviesa una malla separadora para luego ser colectado en un ciclón (Escalera et al., 2010).

Imagen IV.3: Principio de funcionamiento de un lecho surtidor en la remoción de saponinas de la quinua



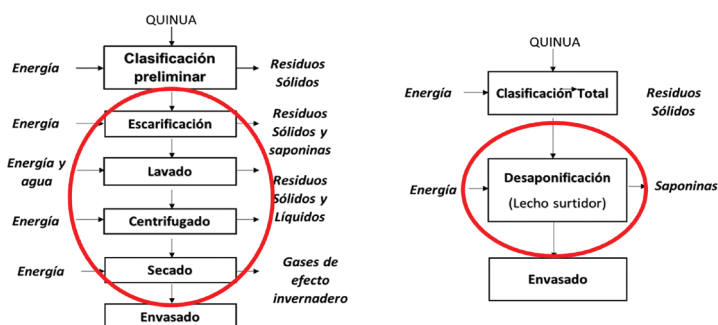
Fuente: Quiroga et al., 2011.

Atributos del proceso

En este sistema, las partículas de quinua previamente seleccionadas y limpiadas se fluidizan mediante una corriente regulada de aire, generando un lecho en el que:

- La fricción y choques continuos entre ellas permite la remoción del episperma de alto contenido de saponinas, bajo la forma de un polvo fino.
- La pérdida de nutrientes se minimiza debido a la abrasión controlada entre las partículas.
- La recuperación de saponinas a través de un ciclón es total.
- Se evita la generación de aguas residuales contaminadas con saponinas.
- Todo el proceso se realiza en un solo equipo, sustituyendo a las etapas de escarificado, lavado, centrifugado y secado del proceso actualmente utilizado por la industria quinuera nacional (Imagen IV.4).

Imagen IV.4: Sustitución de etapas de remoción de saponinas en el proceso del lecho surtidor



Fuente: Escalera y Quiroga, 2021.

Estos atributos permiten clasificar a esta innovación como una tecnología verde por sus ventajas comparativas respecto de la tecnología convencional usada por la industria boliviana.

Si se logra escalar a nivel industrial, el proceso, comparado con los procesos convencionales, evitaría inversiones en algunas etapas que actualmente se realizan en diferentes equipos y se obtendrían ahorros substanciales en el uso de agua y energía, disminuyendo los costos de operación, lo que permitiría el incremento de la competitividad de las empresas y propiciaría la mitigación de efectos negativos al medio ambiente. Además, debido a que este proceso minimiza el uso de energía proveniente de la combustión del gas licuado o gas natural al eliminar el proceso de secado, se contribuiría al cumplimiento de las normas del comercio orgánico y reducción del CO₂ asociado al cambio climático. Estas normas demandan no sólo la utilización al máximo de los recursos de las zonas de cultivo, dando énfasis a la fertilidad del suelo, la actividad biológica y el no uso de fertilizantes y plaguicidas sintéticos; al mismo tiempo exigen la minimización del uso de los recursos no renovables con el propósito de proteger el medio ambiente y la salud humana.

En la etapa de laboratorio, ver equipo en Imagen IV.5, se obtuvo excelentes remociones de saponinas en tiempos de proceso de 30 min, logrando valores menores que el requerido para la comercialización (0,06%) y similares al valor referencial de exportación (0,01 %), habiéndose logrado recuperar completamente los polvos de saponinas hasta el 7% de la masa inicial (Escalera et al., 2010), sin deteriorar la calidad nutritiva del grano al no dañar el embrión (Quiroga y Escalera, 2010).

Imagen IV.5: Lecho surtidor en funcionamiento (a), sistema completo (b)



(a)



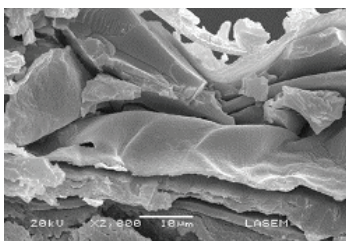
(b)

Fuente: a) Quiroga et al., 2011. b) Quiroga y Escalera, 2010.

La Imagen IV.6 muestra la calidad de los granos obtenidos antes y después de la remoción, tanto en micrografías SEM (*Scanning Electronic Microscope*) como en fotografías (Quiroga y Escalera, 2010).

Por otra parte, el contenido de saponinas en el polvo producido en el LS, en los primeros cinco minutos del proceso, es significativamente mayor al contenido de los polvos escarificados en los procesos convencionales (4,88–6,18 % vs. 3,90%), haciéndolo más atractivo en su uso como mojuelo (Subieta et al. 2011).

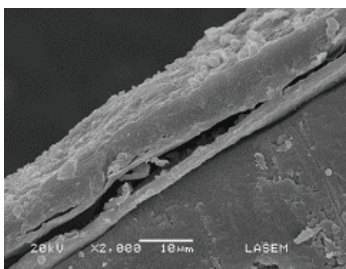
Imagen IV.6: Capa externa natural del grano, SEM (a); grano sin tratar (b); Capa externa tratada, SEM (c); grano tratado sin daños en el embrión (d)



(a)



(b)



(c)



(d)

Fuente: Quiroga y Escalera, 2010.

Factores de escalamiento

A la fecha, para obtener resultados óptimos en la remoción de saponinas y luego de numerosos ensayos en lechos surtidores de diferente escala, se han logrado establecer los siguientes factores de escalamiento, que serán la base del diseño de los prototipos semi-industriales:

- Velocidades lineales en la entrada del canal surtidor entre 800 y 1.200 m/s. A estas velocidades de aire en el surtidor se producen mayores fuerzas de choque entre granos debido a que viajan a mayores velocidades.
- Frecuencia de choque entre granos mayor 1.000 veces por hora (Flores et al., 2019).

Estas condiciones se generan en diámetros de lecho que varían entre 7 y 10 cm, alturas de lecho entre 10 y 15 cm, (cargas de quinua entre 300 y 600 g respectivamente) y boquillas con diámetros del orden de magnitud del tamaño del grano (1,5 – 2,2 mm) (Escalera et al. 2010).

Etapas del desarrollo tecnológico

Como se ha descrito, la tecnología del lecho surtidor se encuentra muy bien caracterizada a nivel de escala de laboratorio. Con el objetivo de realizar el escalamiento a una capacidad de nivel industrial, se requiere, en forma previa, realizar pruebas en un prototipo piloto de escala semi-industrial, para validar las características de configuración geométrica y todos los atributos comentados de la tecnología, en cuanto se refiere a eficiencias de remoción de saponinas y condiciones de operación óptimas; por ejemplo, homogeneidad de flujos y presiones de aire generadas en el sistema de distribución, uniformidad de los tiempos de residencia de los granos de quinua en el equipo, entre otros factores. Es decir, todavía existen interrogantes que requieren de una exhaustiva investigación, propias de un desarrollo típico de tecnología.

Estas pruebas de validación, si son positivas, generarán toda la información necesaria y suficiente para diseñar un equipo de escala industrial de capacidad similar a la que actualmente tienen las empresas beneficiadoras de quinua.

4.4. Productos y derivados de la quinua

4.4.1. Usos tradicionales

En las zonas tradicionales de cultivo de la quinua, desde la época preincaica, se usa el grano en la preparación de sopa, mazamorra (lawá), graneado (phisara), papilla con leche y/o queso (pesqhe, p'esque), pan cocido al vapor hecho con harina de quinua y grasa animal (quispiña, kispíña), torta o tortilla hecha de harina de quinua y frita en grasa animal (tactte, tacti, tactacho), panecillo tipo bola hecho de harina cocida al vapor con aderezo en el centro (mucuna), harina de quinua áspera tostada y levemente humedecida (phiri), bebidas (api y chicha blanca), entre otras. Las hojas tiernas (chiwa, llipcha), preferentemente de la quinua silvestre, también se usan en la elaboración de ensaladas y sopas (chairó). En la Imagen IV.7 se aprecian algunas de estas preparaciones (Quiroga Ledezma, 2018).

Además de los usos alimenticios mencionados, se usan las diferentes partes de la planta (grano, hoja, tallo y ramas) y saponinas en la medicina tradicional, principalmente por los curanderos (janpirunas, callahuayas, teguas, laiccas o ccamiris) de las comunidades del altiplano y valles interandinos. El modo de preparación y aplicación varía dependiendo de si el mismo será para uso interno o externo y la dolencia a tratar. También, se usa el grano y tallo de la quinua en la elaboración de artesanías, por ejemplo, de la harina de quinua silvestre se acostumbra a elaborar animales en miniatura (acallapu) y de los tallos se construyen jaulas u objetos en miniatura. En la época incaica, se consideraba al grano de quinua un alimento sagrado, por lo que se ofrecía al dios Sol (Inti) en una ceremonia especial, antes de iniciar la siembra. Hoy en día, especialmente la quinua silvestre, se sigue ofrendando a la madre tierra (Pachamama) y a los cerros sagrados (Apu Achachilas) como parte de las ceremonias y rituales de las comunidades del altiplano norte, en las épocas de carnavales y el nuevo año aimara. Finalmente, se puede mencionar el uso de la quinua como forraje para la alimentación de ganado, aunque el sabor amargo, debido a la presencia de saponinas, es muchas veces una limitante (Pinto, Milton et al., 2010), (Quiroga Ledezma, 2018).

Imagen IV.7: Platos tradicionales en base a quinua



Fuente: Fundación PROINPA.

4.4.2. Usos no tradicionales

En las últimas décadas se han desarrollado productos interesantes, en el que el grano es la materia prima o el insumo del producto alimenticio. Por ejemplo, hojuelas, insuflados, extruidos tipo cereales, *snacks* dulces y salados, preparados de granos mixtos sazonados y listos para cocinar, sopas instantáneas, grano precocido o graneado, preparados culinarios listos para servir, pastas con quinua, pan, galletas y productos de repostería, polenta, refrescos y refrescos lácteos, hamburguesas y carne vegetariana, compotas, purés y comida para bebés, postres, mueslis, granolas y desayunos multigranos, barras energéticas, barras de chocolate, grajeas, semillas germinadas, entre otros. En la Imagen IV.8 se aprecian algunos de los productos terminados en base a la quinua

para consumo humano, elaborados por industrias bolivianas y que se comercializan en los mercados locales e internacionales (Quiroga Ledezma, 2018).

Imagen IV.8: Productos bolivianos en base a quinua



Fuente: Elaboración propia, imágenes extraídas de las páginas web de las industrias.

4.4.3. Usos innovadores y potenciales

También hay investigaciones interesantes que respaldan el desarrollo de productos a partir de la quinua con mayor valor agregado, aprovechando las propiedades funcionales de sus diferentes componentes. A continuación se presentan algunos de los productos.

4.4.3.1. Bebidas fermentadas

La fermentación es un proceso bioquímico en el que microorganismos, como bacterias, levaduras u hongos, descomponen los compuestos orgánicos en productos finales, en ausencia de oxígeno. Los productos finales pueden ser diferentes

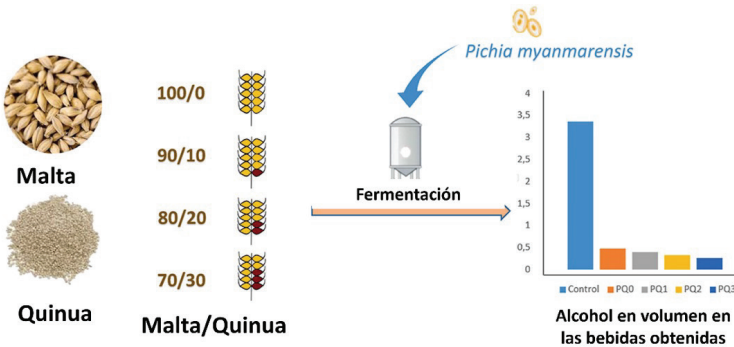
dependiendo el tipo de fermentación y los microorganismos involucrados. A través de la fermentación se pueden producir alimentos con mejores propiedades nutricionales, funcionales y sensoriales, así como mejorar la digestibilidad y disponibilidad de nutrientes a través de la descomposición de los componentes complejos en formas más simples y fáciles de digerir, y/o degradar los antinutrientes presentes a formas inactivas o también a formas más fáciles digerir.

En la literatura se encuentran varios estudios sobre el desarrollo de productos fermentados a base de quinua, grano y/o harina, en los que se han empleado diferentes tipos de bacterias, como *Lactobacillus sp.*, *Bifidobacterium sp.* y *Streptococcus sp.*, siendo la más popular *Lactobacillus plantarum*. En la elaboración de pan y pastas a partir de harinas de quinua fermentada se obtuvieron productos alimenticios con mayor contenido de compuestos fenólicos y con mayor actividad antioxidante. Para la fermentación se usaron hongos como iniciadores del proceso de fermentación en los granos de quinua y cepas lácticas para la producción de la masa madre (Melini & Melini, 2021). También se elaboraron bebidas fermentadas con una consistencia y textura deseables "spoonable", propiedades sensoriales buenas y una mayor estabilidad. En el mismo estudio se evidenció el efecto que puede tener la variedad/ecotipo de quinua a usarse como materia prima en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los productos finales. Estas bebidas son una alternativa interesante para la población celiaca e intolerante a la lactosa, además de ser bebidas probióticas con beneficios para la salud gastrointestinal, sistema inmunológico y la salud mental del consumidor (Ludena Urquiza et al., 2017).

El grano de quinua, debido a su alto contenido de almidón, también es una buena materia prima para la elaboración de productos fermentados como la cerveza. En varios estudios realizados se encontró que, incluso sin enzimas exógenos, es posible sustituir la malta de cebada hasta un 30%, porcentaje que no influyó significativamente en la calidad del mosto y de la cerveza, pero sí contribuyó de manera favorable en la estabilidad de la espuma a pesar de haber menor cantidad de nitrógeno soluble y mayor cantidad de grasas (Kordialik-Bogacka et al., 2018). Para la

elaboración de cerveza sin alcohol (0,27–0,48% ABV), se fermentó el grano de quinua con *Pichia myanmarensis* y se encontró que a un mayor contenido de quinua (0, 10, 20 y 30%) disminuía el extracto de mosto y el contenido de alcohol, como se aprecia en la Imagen IV.9. De esta manera, aumentaba el color de la cerveza, así como el contenido de proteínas, compuestos orgánicos volátiles distintivos y únicos del grano de quinua, fenoles y flavonoides, los dos últimos asociados a la actividad antioxidante (Durga Prasad et al., 2022). La cerveza típica contiene gluten porque se elabora a partir de cebada o trigo y es la tercera bebida más popular a nivel mundial, por lo que la cerveza a base de quinua podría tener un mercado asegurado para aquellas personas que demandan bebidas con un menor contenido o libres de gluten y/o menor contenido de alcohol.

Imagen IV.9: Sustitución del grano de quinua en la elaboración de cervezas de bajo contenido de alcohol



Fuente: Durga Prasad et al., 2022. Traducción: Quiroga, 2023.

Además de nutrientes, el grano de quinua posee antinutrientes, como los inhibidores de tripsina, saponinas, fitatos y taninos. Estos antinutrientes interfieren con la absorción o utilización de nutrientes en el organismo y en muchos casos también influyen de manera negativa en las propiedades sensoriales; por tanto, es importante eliminarlos o al menos reducir la concentración de éstos hasta niveles seguros para el consumidor.

En el caso de los fitatos, el ácido fítico forma complejos con los cationes, como por ejemplo con el hierro, zinc, calcio y proteínas. Estos complejos son bastante estables al pH del intestino delgado (6–7), por lo que inhibe la absorción de estos nutrientes, principalmente de los minerales. Precisamente, la fermentación mostró ser favorable en la reducción de fitatos. En un estudio se encontró una mayor degradación de fitatos durante la fermentación de harinas (64–93%) que de granos de quinua (12–51%), lo cual sugiere que los fitatos se degradaron debido, principalmente, a la actividad de la fitasa endógeno, más que a la fitasa producida por los microorganismos añadidos. La fermentación con *Lactobacillus plantarum* mejoró la accesibilidad de minerales y la biodisponibilidad de estos en las harinas. El tostado, después de la fermentación de la harina de quinua también mejoró los atributos nutricionales y sensoriales del producto final (Castro-Alba et al., 2019).

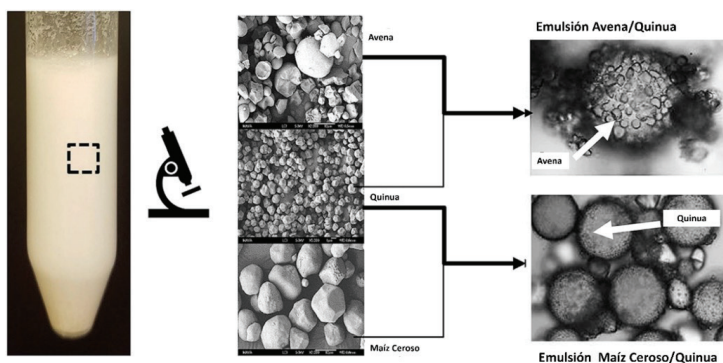
4.4.3.2. Emulsiones Pickering

Las emulsiones son ampliamente usadas en la industria química, de alimentos, farmacéutica y cosmética, estas pueden ser aceite en agua (O/W), agua en aceite (W/O), agua en agua (W/W) y emulsiones múltiples. Las emulsiones *Pickering*, son aquellas en las cuales el agente emulsionante o surfactante son partículas sólidas. Este tipo de emulsiones han demostrado ser mucho más estables a variaciones de pH y temperatura y tener una mayor capacidad para llevar sustancias activas en las fases líquidas y liberarlas donde se requieran.

Por lo que el uso de gránulos de almidón para la preparación de emulsiones *Pickering* ha mostrado ser una opción interesante, considerando que los almidones están presentes en la naturaleza de manera abundante, son relativamente baratos, comestibles, biodegradables, biocompatibles y no son alergénicos. Sin embargo, los almidones nativos, por lo general, no son hidrófobos, por tanto, previo a su uso se modifican de manera química o física para incrementar su hidrofobicidad.

Los gránulos de almidón de quinua son relativamente pequeños ($0,5 - 3 \mu\text{m}$ de diámetro) y poseen una distribución de tamaño unimodal que favorece su uso en la elaboración de las emulsiones Pickering, después de una modificación química para aumentar su hidrofobicidad, por ejemplo, a través de la adición de anhídrido octenil succínico (OSA). En un estudio, después de la adición de almidón de quinua modificado se alcanzaron tamaños de gota entre $9 - 70 \mu\text{m}$ por medio de una homogenización de alto cizallamiento y se encontró una relación inversa entre el tamaño de la gota y el aumento de la proporción de almidón modificado a aceite. También se encontró una relación entre el tamaño de la gota y la estructura del gel, con valores del módulo elástico en un rango de $200 - 2000 \text{ Pa}$ (Rayner et al., 2012). En otro estudio, se encontró la relación directa entre el grado de modificación química, sustitución de grupos octenil succinato ($0,0072 - 0,0286$), y la capacidad emulsionante de los gránulos de almidón de quinua, el nivel de adsorción de estos en la interface aceite/agua, la viscosidad aparente de la emulsión y el módulo de almacenamiento G' de esta (Li et al., 2019). En sistemas con un solo tipo de gránulo de almidón, se observó una relación directa entre el tamaño de estos y el tamaño de las gotas de aceite formadas y una relación inversa con el tiempo de emulsificación. En cambio, en sistemas con una mezcla de gránulos de almidón de diferentes fuentes, se observó que en una mezcla maíz ceroso y quinua, los gránulos de quinua dominaban la superficie de las gotas, mientras que en una mezcla avena y quinua, eran los de la avena, como se puede apreciar en la Imagen IV.10. Lo que llevó a concluir que el tamaño de partícula por sí solo no define quién dominará la interfaz; sino que a mayor tamaño de esta, el tamaño de las gotas es más sensible al tiempo de emulsificación (Saari et al., 2019).

Imagen IV.10: Emulsiones *Pickering* estabilizadas con gránulos de almidón de diferentes fuentes vegetales (quinua, avena y maíz ceroso)



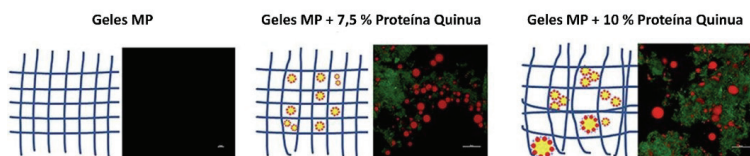
Fuente: Saari et al., 2019. Traducción: Quiroga, 2023.

Las proteínas también se usan en la elaboración de emulsiones *Pickering* debido a que poseen partes hidrofóbicas que son atraídas hacia la fase lipídica y partes hidrofílicas que son atraídas hacia la fase acuosa, reduciendo así la tensión interfacial. Además, las proteínas pueden formar una red tridimensional en la interfaz, creando así una emulsión con una estructura más estable.

Las proteínas de la quinua contienen todos los aminoácidos esenciales, por lo que poseen una capacidad de unión de interfaz superior que favorece su uso en la fabricación de emulsiones *Pickering* con estabilidad física y oxidativa. En un estudio realizado sobre los efectos de la adición de proteína de quinua en geles de proteína miofibrilar (MP), para la industria de productos pesqueros, se observó que al añadir 5 – 7,5% de proteínas de quinua a los geles de MP mejoraba las interacciones intermoleculares y la estabilidad de la estructura, así como la gelificación y la capacidad de retención de agua de los geles MP. Esto debido a un aumento en el contenido de enlaces disulfuro y al cambio en la orientación de los grupos o átomos de las moléculas, conformación de torpe-gauche-gauche a torpe-gauche-trans, así como a un aumento en

el contenido de enlaces de hidrógeno y la transformación de la estructura de hélice a hoja, como se aprecia en la Imagen IV.11 (Cen et al., 2022). Además, se observó que las proteínas de quinua en geles MP tienen propiedades crioprotectoras que mejoran la estabilidad del congelamiento-descongelamiento, debido a la reducción en el tamaño y el área de los cristales de hielo, el punto de congelamiento y el tiempo para pasar la zona de máxima formación de cristales de hielo (Cen et al., 2023). También se estudió el efecto de la adición de sales (0–500 mM de NaCl) en este tipo de matrices y se observó que a mayor concentración de sal había un mayor contenido de estructura de hoja e interacciones hidrofóbicas más fuertes debido a la disminución de grupos cargados y agregación de partículas por interacciones electrostáticas, mejorando así la estabilidad del mismo (Qin et al., 2018).

Imagen IV.11: Emulsiones Pickering estabilizadas con proteínas de quinua a diferentes concentraciones



Fuente: Cen et al., 2022. Traducción: Quiroga, 2023.

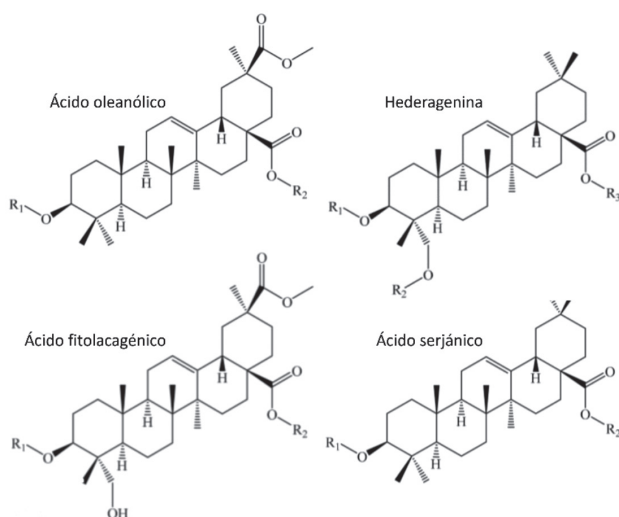
En otros estudios, las emulsiones *Pickering* estabilizadas con almidón modificado y/o proteínas de quinua también se usaron para la formulación de emulsiones dobles, como vehículo para el encapsulamiento y el suministro de nutrientes durante la digestión de los alimentos o para la liberación de compuestos bioactivos o fármacos, como por ejemplo curcumina, luteína, antocianina, rutina, entre otras.

4.5. Subproductos de la quinua y sus derivados

4.5.1. Saponinas

Las saponinas de la quinua son metabolitos secundarios que se caracterizan por tener una estructura química compuesta por un núcleo triterpénico (sapogenina) hidrófobo y una o varias cadenas laterales hidrófilas, principalmente azúcares. En su mayoría derivadas de la hederagenina y los ácidos oleanólico, fitolacagénico, serjánico y 3,23,30-trihidroxi olean-12-eno-28-oico (Imagen IV.12). Hasta el 2020 se identificaron y caracterizaron alrededor de cuarenta tipos de saponinas en la quinua (El Hazzam et al., 2020).

Imagen IV.12: Estructuras moleculares de las principales saponinas

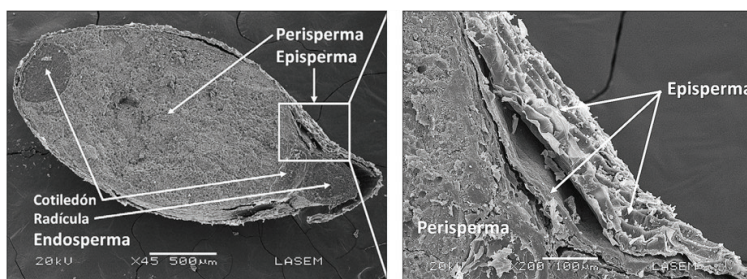


Fuente: Elaboración propia.

Estos compuestos químicos son un mecanismo de defensa natural de la planta contra patógenos, especialmente hongos y bacterias, y contra herbívoros, debido al sabor amargo y toxicidad de éstos

(Zaynab et al., 2021). Pero también las saponinas ayudan a regular el crecimiento y desarrollo de la planta y a modular su respuesta a condiciones de estrés, como sequías, altas temperaturas y suelos salinos, mejorando así su capacidad de absorción de nutrientes y agua (Lim et al., 2020). Las saponinas tienen un tamaño molecular que oscila entre pocos cientos y varios miles de Da y se localizan en diferentes partes de la planta. La raíz tiene la mayor cantidad de saponinas totales, seguido del episperma del grano, tallo, pericarpio del grano y hojas de quinua (Imagen IV.13) (Lim et al., 2020).

Imagen IV.13: Principales partes de un grano de Quinua Real blanca



Fuente: Quiroga Ledezma et al., 2011.

Las saponinas son solubles en agua y en soluciones acuosas de baja concentración de sales, pero son insolubles en solventes orgánicos. Por sus propiedades fisicoquímicas y biológicas las saponinas se usan en diferentes áreas, tales como medicina, industria alimentaria, cosmetológica y farmacológica, agricultura, minería e hidrocarburiífera (El Hazzam et al., 2020) (Sharma et al., 2023). Estas características hacen que los precios actuales de compuestos adecuadamente purificados sean muy interesantes: USD 508,23 para 500 g (Catálogo MERCK, 2023).

A continuación, se presentan algunas de las aplicaciones de las saponinas de quinua.

4.5.2. Usos en agricultura

Estudios han demostrado que ciertas saponinas tienen actividad antimicrobiana. Por este motivo se pueden usar en el control de enfermedades al aplicar extractos de plantas ricas en saponinas o formulaciones de saponinas para reducir la población de bacterias y hongos patógenos en los tejidos de la planta y disminuir así el desarrollo de enfermedades bacterianas y fúngicas. Esta aplicación puede ser en las semillas como agente protector para prevenir enfermedades en las plántulas durante la germinación o también puede ser foliar. Las saponinas pueden estimular el sistema de defensa natural de las plantas para resistir de mejor manera las infecciones bacterianas y fúngicas. El mecanismo antimicrobiano de las saponinas se debe a su unión con los esteroides de la superficie de las membranas de las células eucariotas, lo que da como resultado la perforación y ruptura de la membrana celular y, por tanto, el colapso del sistema de biopelícula de estas.

El uso de saponinas en la agricultura como alternativa más sostenible para el control de enfermedades bacterianas y fúngicas en los cultivos es interesante, pero se necesitan más estudios para comprender completamente su potencial y los posibles efectos secundarios en el medio ambiente y en los organismos no patogénicos.

4.5.3. Usos en medicina

Las saponinas por sus características anfifílicas (hidrofóbicas e hidrofílicas) son biosurfactantes naturales con alta actividad superficial y capacidad de autoensamblaje, que las hace portadoras interesantes en la administración de medicamentos.

Hay estudios sobre el uso de las saponinas de quinua como adyuvante en vacunas y productos farmacéuticos. El adyuvante ayuda a mejorar la respuesta inmunitaria del organismo a un antígeno, es decir, a la sustancia que estimula la producción de anticuerpos. Los tipos de saponinas estudiadas fueron las saponinas 3-monodesmosídica y 3,28-bidesmosídica como adyuvante de mucosas para potenciar la respuesta específica de

los anticuerpos inmunoglobulina G (IgG) e inmunoglobulina A (IgA) a la toxina de la cólera y a la ovoalbúmina (OVA) y para incrementar la permeabilidad de la mucosa (Sun et al., 2009).

Hay varios ensayos de laboratorio reportados en la literatura en los cuales se han probado de manera favorable varias de las propiedades de las saponinas, como las antimicrobianas, antioxidantes, antiinflamatorias, antidiabéticas, anticancerígenas, reductoras del colesterol y actividad hemolítica. Por lo que podrían tener un amplio espectro de aplicaciones potenciales en la medicina y la industria farmacéutica después de realizarse estudios clínicos.

4.5.4. Usos en cosmetología y la industria

Los surfactantes/tensoactivos se utilizan ampliamente en la elaboración de productos de limpieza, tanto para el cuidado personal, la casa y la industria. El lauril sulfato de sodio es el tensoactivo que se usa masivamente debido, principalmente, a su bajo precio; sin embargo, hoy en día su uso está observado especialmente en productos de cuidado personal (champús, geles de ducha y pastas dentífricas) porque puede generar irritaciones cutáneas y pérdida de aceites naturales del cuero cabelludo y del mismo cabello, además, tiene un impacto negativo en el medio ambiente. Por lo que los fabricantes están lanzando productos libres de sulfatos y están incursionando en el uso de tensoactivos naturales que sean sostenibles e hipoalergénicos.

En este sentido, las saponinas son una opción interesante, por eso, en un estudio se evaluó el extracto de saponinas de quinua, las cuales tuvieron un excelente desempeño en términos de estabilidad, manteniendo sus propiedades tensoactivas y emulsionantes cuando se expusieron a rangos de pH compatibles con el pH utilizado en las formulaciones de champú, además de permanecer estables a las temperaturas utilizadas para formar emulsiones en productos cosméticos. El extracto también mostró un excelente desempeño en términos de toxicidad, mostrando una toxicidad nula en comparación con el lauril sulfato de sodio. Las formulaciones de champú en base a saponinas de quinua mostraron potencial para reducir la tensión superficial (27,1–31,7

mN/m) y la tensión interfacial (5,4–7,3 mN/m). La humectabilidad, porcentaje de sólidos, densidad, pH y dispersión de suciedad de las fórmulas estaban dentro de los rangos estándar, y la capacidad de remoción de sebo fue similar o incluso mejor que la de un champú comercial (Bezerra et al., 2023).

Un estudio revela que en Brasil y en Bolivia ya existen empresas que han iniciado la extracción de saponinas de quinua para la industria cosmética. En el caso de Bolivia, la transnacional francesa L’Oreal ha lanzado en octubre 2015 un programa de sostenibilidad basado en quinua, cuyos extractos serían utilizados en la industria cosmética (Pajuelo, 2016).

La aplicación de las saponinas en lodos de perforación se debe a las propiedades surfactantes que posee (Weiss, 1956). Con este antecedente, la UPB ha propuesto el proyecto de aplicación de saponinas contenidas en el polvo generado en el lecho surtidor, en la desaponificación de cinco ecotipos de Quinua Real: amarilla, rosada, blanca, negra y pandela.

Las pruebas preliminares arrojaron excelentes resultados para el polvo de Quinua Real amarilla. El pH (9,51) y la densidad (9,2 lb/galón) cumplen con los parámetros de diseño, permitiendo que el lodo formulado con saponinas obtenga propiedades excelentes similares a un lodo estándar formulado con jabón como compuesto tensoactivo. El lodo preparado es apropiado para perforar pozos de hasta 300 metros de profundidad (Covarrubias & Salas, 2022).

4.6. Discusión y conclusiones

El estudio sobre el estado del arte de la tecnología de beneficiado de quinua, confirma que la industria boliviana utiliza el proceso combinado seco y húmedo, desarrollado en nuestro país, logrando mejorar sustancialmente la calidad del grano para satisfacer los requerimientos normativos del comercio nacional e internacional.

Sin embargo, la tecnología actual consume aún cantidades importantes de agua para el lavado de los granos, generando aguas residuales contaminadas con saponinas no biodegradables. Estas aguas son parcialmente tratadas y evacuadas al sistema de

alcantarillado del servicio municipal y en poblaciones donde no existe el servicio, las aguas se disponen directamente al medio ambiente contraviniendo, en este último caso, la normativa ambiental boliviana. El tratamiento y disposición de las aguas representan costos operativos adicionales.

Por otra parte, en la etapa de secado de granos, la tecnología requiere cantidades significativas de energía térmica proveniente del consumo de combustibles fósiles (gas natural y GLP) en volúmenes y cantidades todavía significativos, generando la emisión de dióxido de carbono que es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global.

La tecnología del lecho surtidor aplicada al beneficiado en seco de granos de quinua, a nivel de laboratorio, es promisoría por las ventajas comparativas descritas, frente a los procesos combinados que actualmente se usan en la industria boliviana. Por esta razón una gran mayoría de las empresas nacionales han expresado interés en su desarrollo tecnológico y escalamiento. Sin embargo, las condiciones operacionales óptimas en las que se obtienen granos beneficiados de altísima calidad no permiten escalamientos geométricos simples, lo que significa un reto que se debe enfrentar en un futuro próximo.

La industria boliviana actualmente comercializa a nivel nacional e internacional diversos productos alimenticios basados en el procesamiento del grano perlado. Sin embargo, durante los últimos años se han desarrollado productos innovadores de mucho más valor agregado aprovechando las propiedades funcionales del grano, tales como las bebidas fermentadas de bajo contenido de alcohol y las emulsiones *Pickering* en las que mezclas de quinua con otros cereales otorgan ventajas comparativas interesantes de mucha potencialidad para la producción de alimentos. La industria nacional tiene también el reto de adoptar y mejorar la tecnología implicada en la producción masiva de tales productos.

Finalmente, en lo concerniente al aprovechamiento de los subproductos del beneficiado de los granos, varios estudios han demostrado el uso de las saponinas contenidas en el mojuelo en diversos rubros: en la agricultura como antibactericida y

antifúngica; en la medicina como ingrediente coadyuvante en la administración de medicamentos y vacunas, entre otros; en la cosmetología aprovechando sus propiedades tensioactivas menos tóxicas que los surfactantes comerciales en la fabricación de champús y pastas dentífricas. Además, las propiedades tensioactivas de las saponinas han sido aprovechadas para la formulación de lodos de perforación en la industria petrolera.

En resumen, se ha observado un avance significativo en la investigación sobre el uso integral del grano de quinua sobre todo en el desarrollo de productos derivados que aprovechan sus propiedades funcionales.

4.7. Referencias bibliográficas

Al-Mughrabi, K. I., Vikram, A., & Poirier, R. (2010). *Effect of Saponins of Chenopodium quinoa Applied as Seed or Foliar Treatments on Dry Rot, Common Scab and Black Scurf Diseases of Potato*. 2.

Ahamed, NT, RS Singhal, PR Kulkarni & M Pal (1998). *A Lesser-known Grain, Chenopodium quinoa: Review of the Chemical Composition of its Edible Parts*. Food and Nutrition Bulletin. The United Nations University. 19(1), 61–70.

Alcocer E. (2010). Tecnologías de procesamiento agroindustrial de los granos andinos. En Rojas W, JL Soto, M Pinto, M Jäger M & S Padulosi (eds). *Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*, 178 p. *Bioversity International*, Roma, Italia, 120-128.

Bezerra, K. G. O., Meira, H. M., Veras, B. O., Stamford, T. C. M., Fernandes, E. L., Converti, A., Rufino, R. D., & Sarubbo, L. A. (2023). *Application of Plant Surfactants as Cleaning Agents in Shampoo Formulations*. Processes, 11(3). <https://doi.org/10.3390/pr11030879>

Castro-Alba, V., Lazarte, C. E., Perez-Rea, D., Carlsson, N.-G., Almgren, A., Bergenståhl, B., & Granfeldt, Y. (2019). *Fermentation of Pseudocereals Quinoa, Canihua, and Amaranth to Improve*

Mineral Accessibility Through Degradation of Phytate. Journal of the Science of Food and Agriculture, 99(11), 5239-5248. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9793>

Catálogo MERCK (2023). Página web: <https://www.sigmaaldrich.com/BO/es/search/saponin?focus=products&page=1&perpage=30&sort=relevance&term=saponin&type=product>

Cen, K., Huang, C., Yu, X., Gao, C., Yang, Y., Tang, X., & Feng, X. (2023). *Quinoa Protein Pickering Emulsion: A Promising Cryoprotectant to Enhance the Freeze-thaw Stability of Fish Myofibril Gels*. Food Chemistry, 407, 135139. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135139>

Cen, K., Yu, X., Gao, C., Yang, Y., Tang, X., & Feng, X. (2022). *Effects of Quinoa Protein Pickering Emulsion on the Properties, Structure and Intermolecular Interactions of Myofibrillar Protein Gel*. Food Chemistry, 394, 133456. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133456>

Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles (CPTS) Tecnología para el beneficiado de quinua. Internet: <http://www.cpts.org/tecquinua/Tecquinua.pdf>. 2004.

Covarrubias, D. & Salas, A. (2022). Informe de práctica profesional, Centro de Investigaciones en Procesos Industriales, CIPI. Universidad Privada Boliviana.

Dong, S., Yang, X., Zhao, L., Zhang, F., Hou, Z., & Xue, P. (2020). *Antibacterial Activity and Mechanism of Action Saponins from Chenopodium quinoa Willd. Husks Against Foodborne Pathogenic Bacteria*. Industrial Crops and Products, 149, 112350. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112350>

Durga Prasad, C. G., Durga Prasad, R., Baskaran, N., & Tito Anand, M. (2022). *Influence of Pichia myanmarensis in Fermentation to Produce Quinoa Based Non-alcoholic Beer with Enhanced Antioxidant Activity*. Journal of Cereal Science, 103, 103390. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103390>

El Hazzam, K., Hafsa, J., Sobeh, M., Mhada, M., Taourirte, M., EL Kacimi, K., & Yasri, A. (2020). *An Insight into Saponins from Quinoa (Chenopodium quinoa Willd): A Review*. *Molecules*, 25(5), 1059. <https://doi.org/10.3390/molecules25051059>

Escalera, R. y Quiroga, C. (2021) Estado del arte y la demanda de nuevas tecnologías para el beneficiado de la quinua en Bolivia. Informe Final. Fundación SOLYDES. 53 p.

Escalera R., Quiroga C. y Arteaga L. (2010). Desarrollo y desempeño de un proceso de beneficiado en seco de variedades amargas de quinua basado en la aplicación de un Lecho Fluidizado de Tipo Surtidor (LFTS). *Investigación & Desarrollo*, 10(1), 32-48. DOI: 10.23881/idupbo.010.1-3i

Flores M., Escalera R. y Quiroga C. (2019). Evaluación del desempeño de un Lecho Fluidizado de Tipo Surtidor (LFTS) provisto de guidores cilíndricos no porosos en la desaponificación de granos de quinua. *Investigación & Desarrollo*, 19(1), 43-61. DOI: 10.23881/idupbo.019.1-3i

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad – IBNORCA (2007). Norma Boliviana Granos andinos – Pseudo cereales – Quinua en grano – Clasificación y requisitos, NB NA 0038. Compendio Normas Técnicas y Guías de Implementación de Normas del Sector Quinua, 1-7.

Kordialik-Bogacka, E., Bogdan, P., Pielech-Przybylska, K., & Michałowska, D. (2018). *Suitability of Unmalted Quinoa for Beer Production: Suitability of Unmalted Quinoa for Beer Production*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(13), 5027-5036. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9037>

Li, S., Zhang, B., Tan, C. P., Li, C., Fu, X., & Huang, Q. (2019). *Octenylsuccinate Quinoa Starch Granule-stabilized Pickering Emulsion Gels: Preparation, Microstructure and Gelling Mechanism*. *Food Hydrocolloids*, 91, 40-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.01.001>

Lim, J. G., Park, H., & Yoon, K. S. (2020). *Analysis of Saponin Composition and Comparison of the Antioxidant Activity of Various Parts of the Quinoa Plant (Chenopodium quinoa Willd.)*. Food Science & Nutrition, 8(1), 694-702. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1358>

Ludena Urquizo, F. E., García Torres, S. M., Tolonen, T., Jaakkola, M., Pena-Niebuhr, M. G., von Wright, A., Repo-Carrasco-Valencia, R., Korhonen, H., & Plumed-Ferrer, C. (2017). *Development of a Fermented Quinoa-based Beverage*. Food Science & Nutrition, 5(3), 602-608. <https://doi.org/10.1002/fsn3.436>

Melini, F., & Melini, V. (2021). *Impact of Fermentation on Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Quinoa*. Fermentation, 7(1), 20. <https://doi.org/10.3390/fermentation7010020>

Pajuelo, R. (2016). Posibilidades de la saponina de quinua en la industria cosmética.

Pinto, Milton, Alarcón, Vania, Soto, José Luis, & Rojas, W. (2010). Usos tradicionales, no tradicionales e innovaciones agroindustriales de los granos andinos. En granos andinos avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia (p. 191). Bioversity International.

Qin, X.-S., Luo, Z.-G., Peng, X.-C., Lu, X.-X., & Zou, Y.-X. (2018). *Fabrication and Characterization of Quinoa Protein Nanoparticle-Stabilized Food-Grade Pickering Emulsions with Ultrasound Treatment: Effect of Ionic Strength on the Freeze-Thaw Stability*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66(31), 8363-8370. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b02407>

Quiroga C. y Escalera R. (2010). Evaluación de la calidad nutricional y morfología del grano de variedades amargas de quinua beneficiadas en seco, mediante el novedoso empleo de un reactor de Lecho Fluidizado de Tipo Surtidor. Investigación & Desarrollo, 10(1), 49 – 62. DOI: 10.23881/idupbo.010.1-4i

Quiroga C., Escalera R., Aroni G., Bonifacio A., Gonzales J. A., Villca M., Saravia R. y Ruiz A. (2014) Procesos tradicionales e innovaciones tecnológica en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. Capítulo 3.1. En: BAZILE D. et al. (Editores), Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 258-296

Quiroga Ledezma, C. C., Escalera Vásquez, C. R., & Arteaga Weill, J. L. (2011). Beneficiado en seco de la quinua. Proyecto de prefactibilidad para el beneficiado en seco de quinua con un Lecho Tipo Surtidor. PIEB.

Quiroga Ledezma, C. C. (2018). Quinua: El grano ancestral dorado de los andes para las generaciones del presente y futuro. En El pasado del futuro alimentario: Los alimentos ancestrales americanos (pp. 42-59). Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora. <https://books.google.com.bo/books?id=551NzQEACAAJ>

Rayner, M., Timgren, A., Sjöö, M., & Dejmek, P. (2012). *Quinoa Starch Granules: A Candidate for Stabilising Food-grade Pickering Emulsions*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 92(9), 1841-1847. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5610>

Saari, H., Rayner, M., & Wahlgren, M. (2019). *Effects of Starch Granules Differing in Size and Morphology from Different Botanical Sources and their Mixtures on the Characteristics of Pickering Emulsions*. Food Hydrocolloids, 89, 844-855. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.063>

Sharma, K., Kaur, R., Kumar, S., Saini, R. K., Sharma, S., Pawde, S. V., & Kumar, V. (2023). *Saponins: A Concise Review on Food Related Aspects, Applications and Health Implications*. Food Chemistry Advances, 2, 100191. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100191>

Subieta C., Quiroga C., Escalera R y Arteaga L. (2011). Recuperación de residuos sólidos con alta concentración de saponinas del proceso de beneficiado en seco de granos de quinua amarga,

mediante la aplicación de un Lecho Fluidizado de Tipo Surtidor (LFTS). *Investigación & Desarrollo*, 11(1), 96 – 112. DOI: 10.23881/idupbo.011.1-6i

Sun, H.-X., Xie, Y., & Ye, Y.-P. (2009). *Advances in Saponin-based Adjuvants*. *Vaccine*, 27(12), 1787-1796. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.01.091>

Weiss, W. (1956). *Drilling Fluids*. United States Patent Office No 2748079

Zaynab, M., Sharif, Y., Abbas, S., Afzal, M. Z., Qasim, M., Khalofah, A., Ansari, M. J., Khan, K. A., Tao, L., & Li, S. (2021). *Saponin Toxicity as Key Player in Plant Defense Against Pathogens*. *Toxicon*, 193, 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.01.009>

5.

LA QUINUA COMO TESORO NUTRICIONAL DE LOS ANDES PARA UNA DIETA DIVERSA Y SALUDABLE

Jorge Blajos - Hernán Naranjo - Carmen Carla Quiroga

Resumen

La situación alimentaria y nutricional a nivel mundial ha empeorado en los últimos años, siendo la pandemia del COVID-19 una de las principales razones para este declive. Esto significa que una buena parte de la población mundial adolece de fenómenos como la subalimentación y la inseguridad alimentaria. Si bien esta situación es muy compleja, también es cierto que en Bolivia se han logrado mejoras importantes como lo resalta el Índice Global de Hambre. La quinua se constituye en un alimento que por sus características y propiedades nutricionales, guarda un potencial inmenso para contribuir en la solución de los problemas alimentarios. Es así, que se resaltan las ventajas del consumo del grano y la hoja de quinua, así como algunas desventajas.

Palabras clave: Subalimentación, seguridad alimentaria, índice global de hambre, nutrición, salud, quinua.

Introducción

La importancia nutricional de la quinua es ampliamente conocida, no sólo en Bolivia, sino a nivel mundial, por sus características y propiedades que le otorgan amplios y diversos beneficios a quienes la consumen. En este sentido, la quinua es uno de los productos que podrían ser fundamentales para enfrentar las complejas situaciones alimentarias que millones de personas aún experimentan a nivel no sólo nacional, sino regional y mundial.

El presente capítulo muestra, en su primera sección, información relacionada con la situación alimentaria y nutricional a nivel nacional, regional y mundial. Por otro lado, la segunda parte da cuenta de las características propias de la quinua como un alimento fundamental y altamente valioso en términos alimentarios. Finalmente, la tercera sección presenta una discusión final y las conclusiones más relevantes.

Objetivos del capítulo

Analizar la situación alimentaria y nutricional, a través de la revisión de indicadores relevantes, a fin de establecer un contexto a nivel mundial, regional y nacional; y resaltar la importancia de la quinua en la seguridad alimentaria, así como en la nutrición y la salud de las personas que la consumen.

5.1. Breve contexto de la alimentación y la nutrición en la actualidad

La mejora en la situación alimentaria a nivel mundial se vio mermada en sus avances a finales de la última década, especialmente, por la influencia de la pandemia del COVID-19 que mostró las debilidades de los sistemas agroalimentarios y las desigualdades sociales a nivel mundial (FAO et al., 2022), con repercusiones profundas en la economía mundial y en el bienestar de millones de personas.

A esto, es necesario sumar la influencia de otros aspectos que han convertido la realidad alimentaria en alarmante, como son el cambio climático y la guerra en Ucrania que ha ralentizado

las cadenas de suministro a nivel mundial y ha devenido en una inflación a nivel global con sus efectos directos en el nivel de vida de las personas (von Grebmer et al., 2022).

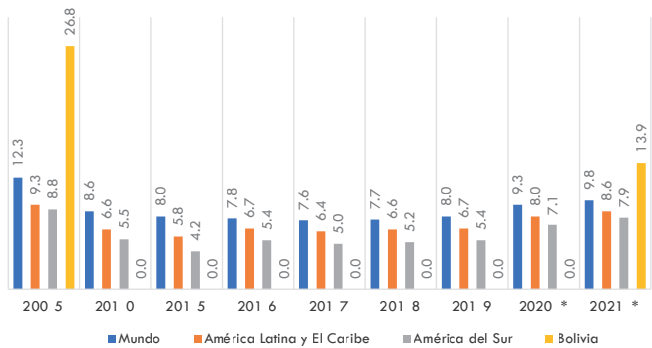
Las estadísticas de los indicadores alimentarios muestran claramente esta realidad, pues se observa en los últimos años un marcado retroceso que da cuenta de las preocupantes realidades que se viven a nivel mundial, siendo el escenario en algunas regiones mucho más apremiante que en otras.

La prevalencia de la subalimentación, condición en la cual un individuo no obtiene la cantidad de energía alimentaria necesaria para llevar una vida activa y sana a través de los alimentos que consume habitualmente (FAO et al., 2022), ha ido en aumento en el mundo desde el 2018, profundizándose con notoriedad desde 2019 hasta el 2021, momento en el cual llegó a afectar al 9,8% de la población (Gráfico V.1).

Esta situación se reproduce a nivel de la región, pues en el 2018, América Latina y el Caribe experimentaron una prevalencia a la subalimentación del 5%, misma que para el 2021 se incrementó hasta un 8,6%. Similar situación se observa al tomar en cuenta, específicamente, a América del Sur donde la tasa del 2021 llegó a un 7,9% de la población (Gráfico V.1).

En este contexto, se esperaría que la situación de Bolivia haya experimentado una tendencia similar, lastimosamente, los datos para todos los años analizados no están disponibles. Sin embargo, entre 2004 y 2006 la prevalencia de subalimentación en la población boliviana llegó a 26,8%, misma que se redujo entre 2019 y 2021 a un 13,9%, que, si bien mostró una clara mejoría, daba cuenta de que esta tasa estaba muy por encima de los registros a nivel de América del Sur, la región y el mundo (Gráfico V.1).

Gráfico V.1: Prevalencia de subalimentación a distintos niveles



Fuente: (FAO et al., 2022).

Nota: *Datos preliminares / Los datos para Bolivia corresponden a los períodos 2004 – 2006 y 2019 – 2021.

La Tabla V.1 muestra a cuantos millones de personas afectó la subalimentación a distintos niveles territoriales. Para el 2021, casi 768 millones de personas en el mundo no tuvieron la suficiente energía alimentaria para su vida a través de su alimentación, de las cuales 56,5 millones eran de América Latina y el Caribe, 34,2 millones específicamente de América del Sur, y de ellas, según las estimaciones, alrededor de 1,6 millones residían en Bolivia.

Tabla V.1: Prevalencia de la subalimentación a distintos niveles
(millones de personas)

Prevalencia de la Subalimentación (millones de personas)								
Región/ País	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020*
Mundo	805,5	601,3	588,6	585,1	573,3	590,6	618,4	721,7
América Latina y El Caribe	51,7	39,1	35,9	42,5	40,7	42,5	43,3	52,3
América del Sur	32,7	21,4	17,2	22,4	20,9	22,1	23,2	30,7
Bolivia	2,5**							

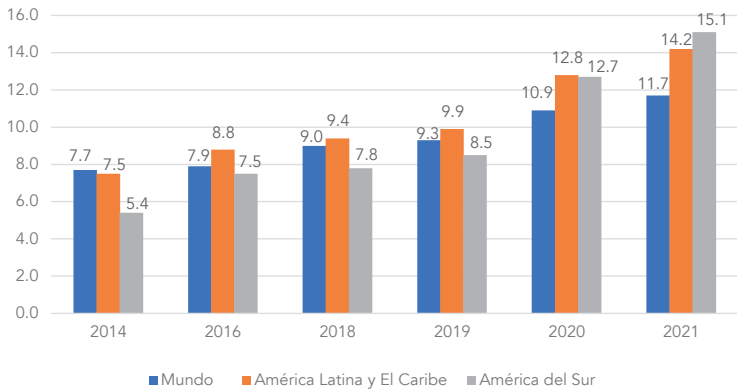
Prevalencia de la Subalimentación (millones de personas)	
Región/ País	2021
Mundo	767,9
América Latina y El Caribe	56,5
América del Sur	34,2
Bolivia	1,6**

Fuente: FAO et al., 2022.

Nota: *Datos preliminares / **Datos para Bolivia corresponden a los períodos 2004 – 2006 y 2019 – 2021.

Las estadísticas van de la mano con la situación de inseguridad alimentaria de acuerdo a la Escala de Experiencia de la Inseguridad Alimentaria (FIES)³, ya que en los últimos años la tendencia en la prevalencia de inseguridad alimentaria grave, a nivel del mundo, América Latina y el Caribe y América del Sur fue creciente y se agudizó después del 2019 (Gráfico V.2).

Gráfico V.2: Prevalencia de la inseguridad alimentaria grave a distintos niveles



Fuente: FAO et al., 2022.

La escala FIES indicaba que, para el 2021, cerca de 924 millones de personas en el mundo tuvieron dificultades para acceder a alimentos para tener una vida activa y sana, lo que señalaba un crecimiento de 63,5% entre 2014 y 2021. En la región este crecimiento fue de 101,1% para América Latina y el Caribe, mientras que, para América del Sur, el número de personas experimentando inseguridad alimentaria grave creció en 198,2% en ese período (Tabla V.2).

³ Se utiliza para medir el acceso a los alimentos en distintos niveles de gravedad que pueden compararse en todos los contextos. Se basa en la presencia de condiciones y comportamientos que reflejan limitaciones en el acceso a los alimentos (FAO et al., 2022)

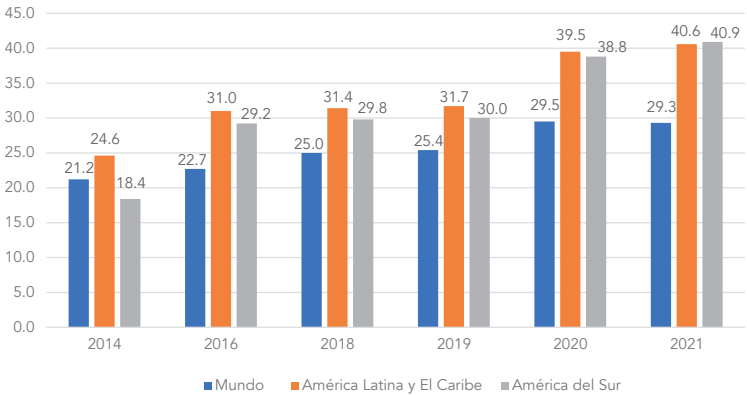
Tabla V.2: Prevalencia de la inseguridad alimentaria grave a distintos niveles (millones de personas)

Región	2014	2016	2018	2019	2020	2021
Mundo	564,9	588,5	687,4	716,9	850,1	923,7
América Latina y el Caribe	46,5	55,5	60,4	64,0	83,7	93,5
América del Sur	22,0	31,3	33,1	36,5	54,7	65,6

Fuente: FAO et al., 2022.

Al agregar tanto la prevalencia a inseguridad alimentaria grave como moderada, la tendencia creciente en los últimos años se confirma y muestra un número de personas que día a día experimentan situaciones complejas para acceder a alimentos apropiados y suficientes (Tabla V.3 y Gráfico V.3).

Gráfico V.3: Prevalencia de la inseguridad alimentaria moderada o grave a distintos niveles



Fuente: FAO et al., (2022).

Tabla V.3: Prevalencia de la inseguridad alimentaria moderada o grave a distintos niveles (millones de personas)

Región	2014	2016	2018	2019	2020	2021
Mundo	1.543,9	1.693,4	1.905,4	1.955,9	2.297,8	2.308,5
América Latina y El Caribe	151,7	195,4	201,6	205,2	258,4	267,7
América del Sur	75,1	121,5	126,1	128,1	167,3	177,7

Fuente: FAO et al., 2022.

Esta situación está relacionada con el acceso a una dieta saludable⁴, ya que, según datos del 2020, el mismo no fue posible para un 42% de la población mundial, un 22,5% de las personas en América Latina y el Caribe y un 18,4% de habitantes en América del Sur; lo que significa que muchas personas no contaron con la posibilidad de consumir una dieta adecuada (Tabla V.4).

⁴ De acuerdo a FAO et al. (2022) “las dietas saludables: 1) comienzan en los primeros años de vida con la iniciación temprana de la lactancia materna exclusiva hasta los seis meses de edad y continuada hasta los dos años o más, combinada con una alimentación complementaria adecuada; 2) se basan en una gran variedad de alimentos no procesados o mínimamente procesados, que representan de forma balanceada todos los grupos de alimentos, con restricciones en cuanto a comidas y bebidas altamente procesadas; 3) incluyen cereales integrales, legumbres y nueces, así como frutas y verduras variadas en abundancia; 4) pueden incluir huevos, productos lácteos, aves y pescados en cantidades moderadas así como carnes rojas en pequeñas porciones; 5) incluyen agua potable limpia y segura como líquido de preferencia; 6) son adecuadas, es decir, satisfacen pero no exceden las necesidades de energía y nutrientes para el crecimiento y el desarrollo, cubriendo los requerimientos para una vida activa y saludable a lo largo del ciclo de vida; 7) son coherentes con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) dirigidas a reducir los riesgos de enfermedades no transmisibles (ENT) relacionadas con la alimentación y asegurar la salud y el bienestar de la población y; 8) contienen niveles mínimos (o de ser posible nulos) de patógenos, toxinas o cualquier otro agente que pueda causar enfermedades transmitidas por los alimentos”.

Tabla V.4: Acceso a una dieta saludable en el 2020

Región/País	Costo Cesta (USD/ persona/día)	Sin acceso a esta dieta (millones de personas)	Sin acceso a esta dieta (porcentaje)
Mundo	3,5	3.074,2	42,0
América Latina y El Caribe	3,9	131,3	22,5
América del Sur	3,6	74,2	18,4

Fuente: FAO et al., 2022.

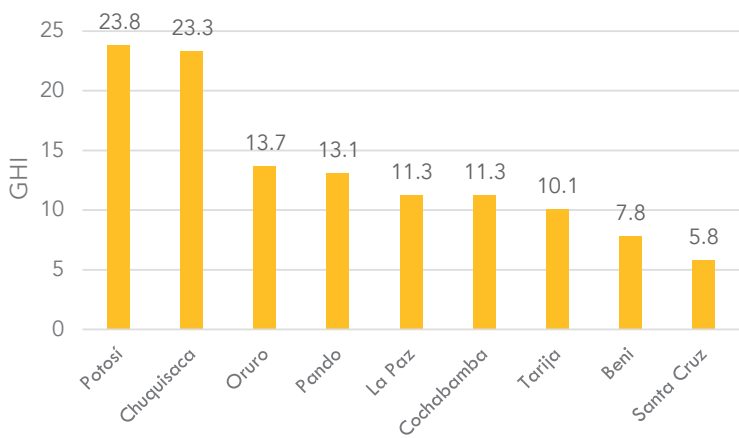
Aunque estas estadísticas respecto a inseguridad alimentaria y el acceso a una dieta saludable no están disponibles a nivel país para Bolivia, sí que existen indicadores válidos para describir la situación alimentaria del país. Un ejemplo de ello es el Índice Global de Hambre (GHI), mismo que se construye con información de cuatro indicadores: subalimentación, retraso en el crecimiento de la infancia (proporción de niños y niñas menores a cinco años con baja altura para su edad, es decir, una desnutrición crónica), emaciación infantil (porcentaje de niños y niñas menores de cinco años con bajo peso para su estatura, es decir, desnutrición aguda) y mortalidad infantil de niños y niñas menores de cinco años (von Grebmer et al., 2022).

Este indicador, mientras menor valor tiene, muestra una mejor situación en términos del hambre. Los últimos datos del 2022 indicaron que la situación de Bolivia tuvo una innegable mejoría, pues para el 2000 el GHI fue de 27,7 mostrando una situación seria de hambre en el país; en 2007 el indicador estableció un puntaje de 22 que si bien mejoró, aún mostraba una situación seria; el 2014 el GHI llegó a un nivel de 14,7 revelando una situación de hambre moderada; y para el 2022 el indicador fue de 13,2, exponiendo mejorías a lo largo de 22 años en Bolivia en términos de la situación de hambre en su población (Global Hunger Index et al., 2023).

El valor del IGH para 2022 posicionó a Bolivia en el puesto 15 de 21 países de América Latina analizados en ese año. Eso implicaba que Bolivia mejoró también en su posición a nivel regional, pues en el 2000 se situaba en el puesto 19 (Ayuda en Acción et al., 2022).

Las estadísticas más recientes (2021) de este indicador a nivel departamental (Gráfico V.4), indican diferencias muy importantes, ya que Potosí y Chuquisaca presentan diferencias en términos alimentarios muy profundas respecto a los departamentos mejor posicionados como Beni y, especialmente, Santa Cruz (Ayuda en Acción et al., 2022).

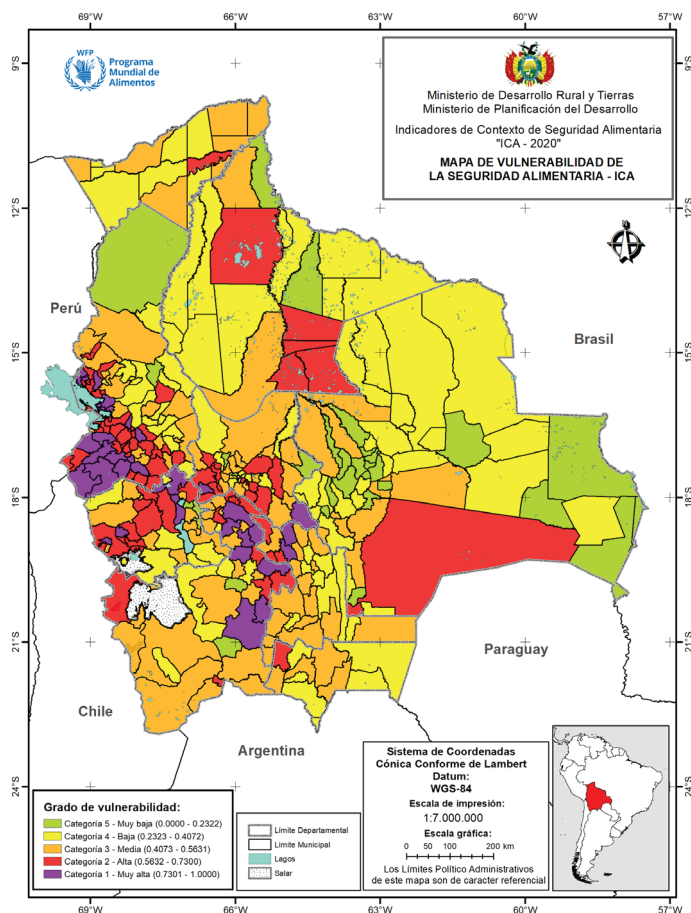
Gráfico V.4: Índice Global de Hambre (GHI) a nivel departamental en Bolivia, 2021



Fuente: Ayuda en Acción et al., 2022.

Por otro lado, el Mapa de Vulnerabilidad de la Seguridad Alimentaria es una herramienta de monitoreo sobre la situación de riesgo alimentario de la población boliviana a nivel de municipios (PMA, 2020). La Imagen V.1 muestra el mapa de vulnerabilidad de la seguridad alimentaria de Bolivia - ICA, por municipios.

Imagen V.1: Mapa de vulnerabilidad de la seguridad alimentaria de Bolivia



Fuente: PMA, 2020.

El análisis integrado de contexto de la seguridad alimentaria en Bolivia, publicado por el Programa Mundial de Alimentos (PMA, 2020), señala en sus conclusiones:

Como resultado del análisis se identificó que el 68% de la población vive en municipios con alta y muy alta vulnerabilidad en el componente de disponibilidad de alimentos, fundamentalmente por no ser municipios productores y depender del comercio y las reservas de alimentos. Entre estos municipios se encuentran las principales ciudades del país. También se identificó que 159 municipios (47%) se encuentran ubicados en las categorías de alta y muy alta vulnerabilidad en el componente de acceso de alimentos. Evidenciando la dificultad que tienen los hogares para obtener cantidades suficientes de alimentos. Entre estos se encuentran los municipios con índices de alta pobreza.

En lo referente al uso de alimentos se identificó que 100 municipios (30%), se encuentran en las categorías de alta y muy alta vulnerabilidad, lo cual significaría que la población de estos tendría dificultades con relación a la inocuidad alimentaria. Estos municipios están concentrados principalmente en los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí y parte del Beni.

Como resultado final se identificó que 116 municipios (34%) se encuentran en la categoría de alta y muy alta vulnerabilidad de seguridad alimentaria, lo cual representa que los mismos se encuentran en condiciones adversas en alguno de sus componentes de seguridad alimentaria.

El consumo alimentario es fundamental para asegurar calidad de vida en las personas y la malnutrición no sólo está relacionada con consumos inferiores a los necesarios, normalmente relacionados con situaciones como la subalimentación, sino también con el consumo de dietas poco saludables y sin un balance nutricional y energético apropiado.

Esta última situación es explicada, en parte, por la importancia que cada vez ganan dentro del sistema alimentario los llamados alimentos ultraprocesados, caracterizados por ser atractivos, muy sabrosos, baratos y listos para ser consumidos que normalmente

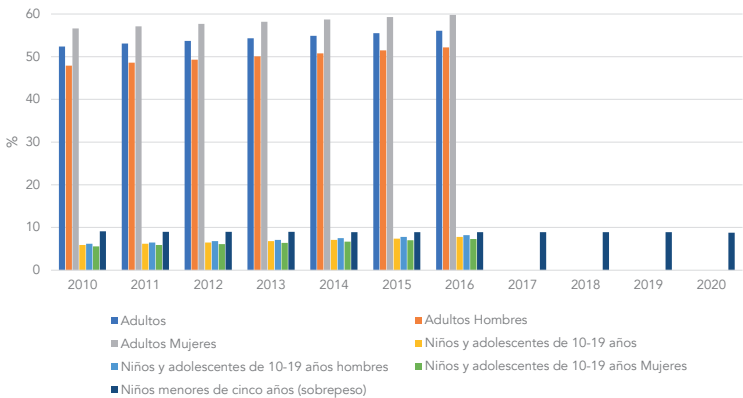
tienen altos contenidos en azúcar, sal, grasas, y que, por ende, tienden a desarrollar obesidad y otras formas de malnutrición entre las personas (Monteiro et al., 2013).

La Organización Panamericana de la Salud ha establecido que entre 1999 y 2013, las ventas anuales per cápita de productos ultraprocesados se han incrementado consistentemente en 12 países latinoamericanos, lo cual ha puesto en segundo plano a dietas consideradas más favorables, saludables y tradicionales (OPS/OMS, 2015).

Para el caso específico de Bolivia, el 2000 el consumo per cápita de alimentos y bebidas ultraprocesados llegaba a siete kilogramos y 37,6 litros respectivamente, mientras que para el 2013 este consumo subió a 8,3 kilogramos y 94,2 litros, lo que implicó un crecimiento anual de 129,8% en ese periodo (OPS/OMS, 2015).

Estas estadísticas van de la mano de los datos reportados por la Organización Panamericana de la Salud (PAHO/WHO, 2023), en lo que respecta a prevalencia de obesidad y sobrepeso en distintos grupos etarios en Bolivia (Gráfico V.5), donde se observaba que a nivel de personas adultas, más de la mitad de la población adolecía de estas condiciones alimentarias, siendo más profundo el efecto entre las mujeres. De igual manera, el sobrepeso y la obesidad aparecían entre niños, niñas y adolescentes de entre 10 y 19 años, afectando al 7,8% de este grupo, donde las diferencias en términos de sexo indicaban mayor prevalencia entre los hombres. Finalmente, también fue posible encontrar situaciones de sobrepeso en individuos menores de cinco años, donde las estadísticas indican que la prevalencia alcanzó un 8,9% en promedio entre 2010 y 2020.

Gráfico V.5: Bolivia: Prevalencia de sobrepeso y obesidad en distintos grupos etarios



Fuente: PLISA (PAHO/WHO, 2023).

5.2. Las características y propiedades nutricionales de la quinua como aliadas para una buena alimentación

Es común que se asocie la quinua a los denominados superalimentos, este término se emplea desde hace unos treinta años para referirse a alimentos que además de su valor nutricional, contienen nutrientes asociados a la prevención de enfermedades o que tienen beneficios para la salud física y emocional de quien los consume. Generalmente, los denominados superalimentos son de origen vegetal y en algunos casos incluyen productos como son algunos pescados. Sin embargo, es importante resaltar que este término no es propiamente científico, sino que su origen está más asociado al *marketing*, y no necesariamente a la intención de promover mayor conciencia sobre el consumo de alimentos (Vélez & Zuluga, 2020).

Pese a su amplia utilización, aún no existe una definición consensuada sobre qué criterios definen a un superalimento (Guillen & Yanes, 2022). A pesar de esto, se ha logrado posicionar la idea de que los superalimentos están asociados a una dieta

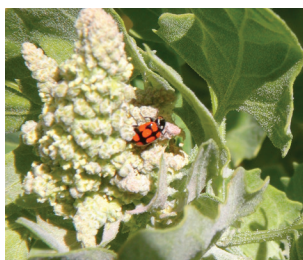
sana. La creciente preocupación por el aumento de las enfermedades no transmisibles ligadas al exceso de consumo de alimentos pobres en nutrientes, pero altos en energía, grasas saturadas y trans, azúcares añadidos y sal; induce a las personas a buscar alimentos que reviertan los malos hábitos alimenticios, lo que contribuye a reforzar la asociación superalimento-dieta sana (Crespo, 2022).

Entre los superalimentos emblemáticos se encuentra la quinua, que con la declaración del 2013 como Año Internacional de la Quinua (FAO, 2011) fue promovido a nivel mundial y considerado el grano de oro por sus atributos nutricionales, principalmente por la cantidad y calidad de proteína que contiene. Pero, más allá de debatir sobre los superalimentos y si la quinua es uno de ellos, el análisis debe centrarse en la contribución de un alimento como la quinua en la seguridad alimentaria, formando parte de un conjunto que propicien el consumo de dietas asequibles y saludables. Tal como lo menciona el documento de la FAO: “la quinua es un cultivo con alto potencial para contribuir a la seguridad alimentaria de diversas regiones del planeta, especialmente en aquellos países donde la población no tiene acceso a fuentes de proteína o donde las condiciones de producción son limitadas por la escasa humedad, la baja disponibilidad de insumos y la aridez” (FAO, 2011).

5.2.1. Valor nutricional de la quinua

A continuación, se describen las características nutricionales de las partes de la planta de la quinua que se consumen como alimento (Imagen V.2).

Imagen V.2: Partes comestibles de la planta de quinua: grano (izquierda) y hoja (derecha)



Fuente: Izquierda: CIAA/UPB / Derecha: Fundación PROINPA.

5.2.1.1. Grano

El grano de quinua destaca por la cantidad, calidad, digestibilidad y uso posterior de sus nutrientes en sus formas más simples por las células y órganos del cuerpo. Su valor biológico es comparable al de la carne, leche y huevo, superior al del trigo, arroz, maíz o al de otros cereales y leguminosas. En la Tabla V.5 se presentan las características nutricionales respecto a los macronutrientes, micronutrientes y compuestos bioactivos. Los datos que se presentan corresponden a 555 accesiones del banco de germoplasma de quinua de Bolivia y 20 genotipos de quinua nativos y mejorados, el rango de variabilidad del contenido de cada uno de ellos depende en muchos casos de la variedad o ecotipo de quinua y las condiciones de cultivo.

QR # V.1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al Repositorio Digital del libro “Producción y mercado de la Quinua”, IICA.

Las proteínas son principalmente del tipo albuminas (35%) y globulinas (37%), con un perfil aminoacídico excelente, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales, son de fácil digestibilidad y tienen un valor biológico alto, es decir, en las cantidades y proporciones que el organismo necesita para construir y mantener las células, tejidos y órganos, así como para el funcionamiento de este. El perfil lipídico del grano de quinua también es favorable, ya que principalmente presenta ácidos grasos insaturados (mono y polinsaturados), muchos de ellos también esenciales, y lípidos complejos, como los fosfolípidos y esfingolípidos. Los carbohidratos representan la fracción mayoritaria; además de los carbohidratos complejos como la amilosa y amilopectina, la primera más resistente a la digestión que la segunda, el grano de quinua contiene pequeñas cantidades de azúcares simples, como la glucosa, fructosa y sacarosa, y la fibra dietaria que es principalmente insoluble (Rojas et al., 2015), (Quiroga Ledezma, 2020).

El grano de quinua es fuente importante de minerales, como calcio, hierro, magnesio, fósforo, potasio y zinc, que igualmente son esenciales para el organismo. Pero también es fuente de vitaminas liposolubles, como las vitaminas A y E, y vitaminas hidrosolubles, como el complejo de vitaminas B y C. Además, es fuente de ácidos fenólicos, flavonoides y otros compuestos bioactivos. Sin embargo, en el grano de quinua también están presentes algunos factores antinutricionales, es decir, compuestos que pueden interferir con la absorción o utilización de los nutrientes por el organismo, como el ácido fítico, inhibidores de tripsina, taninos y saponinas, que se deben remover previo a su consumo (Rojas et al., 2015), (Quiroga Ledezma, 2020).

Tabla V.5: Características nutricionales del grano de quinoa

Características Nutricionales	Rango	
Proteínas	10,21 – 18,39	%
Aminoácidos Esenciales		
Isoleucina	26,7 – 35,2	mg/g de proteínas
Leucina	44,5 – 58,6	mg/g de proteínas
Lisina	40,6 – 53,4	mg/g de proteínas
Metionina	16,3 – 21,5	mg/g de proteínas
Fenilalanina	31,4 – 55,8	mg/g de proteínas
Treonina	22,3 – 29,3	mg/g de proteínas
Triptófano	8,8 – 11,6	mg/g de proteínas
Valina	31,5 – 41,5	mg/g de proteínas
Aminoácidos No Esenciales		
Arginina	57,9 – 76,1	mg/g de proteínas
Histidina	21,5 – 28,4	mg/g de proteínas
Ácido aspártico	60,1 – 79,1	mg/g de proteínas
Cistina	12,0 – 14,2	mg/g de proteínas
Glicina	36,8 – 48,5	mg/g de proteínas
Ácido glutámico	98,9 – 130,1	mg/g de proteínas
Serina	30,1 – 39,6	mg/g de proteínas
Tirosina	14,1 – 18,6	mg/g de proteínas
Alanina	31,1 – 41,0	mg/g de proteínas
Prolina	17,0 – 22,3	mg/g de proteínas
Lípidos	2,05 – 10,88	%
Ácidos Grasos Insaturados		
Ácido oleico	24,06 – 26,32	% del total ácidos grasos

Ácido linoleico	43,32 – 47,96	% del total ácidos grasos
Ácido linolénico	8,10 – 91,84	% del total ácidos grasos
Ácidos Grasos Saturados		
Ácido palmítico	7,70 – 9,30	% del total ácidos grasos
Ácido esteárico	0,63 – 0,95	% del total ácidos grasos
Carbohidratos	52,31 – 72,98	%
Almidón	65,60 – 71,25	%
Amilosa	13,80 – 25,40	%
Amilopectina	74,60 – 86,20	%
Fibra dietaria	3,46 – 9,68	%
Cenizas	2,12 – 5,21	%
Minerales		
Zinc	1,24 – 2,47	mg/100 g de materia seca
Hierro	1,86 – 3,94	mg/100 g de materia seca
Manganeso	1,01 – 2,1	mg/100 g de materia seca
Cobre	0,27 – 0,56	mg/100 g de materia seca
Sodio	10,6 – 33,4	mg/100 g de materia seca
Potasio	1193,8 – 1769,0	mg/100 g de materia seca
Calcio	49,1 – 138,63	mg/100 g de materia seca

Magnesio	69,22 – 99,8	mg/100 g de materia seca
Vitaminas		
Vitamina A	0,06 – 0,57	mg/100 g de materia seca
Vitamina E	57,3 – 107,0	mg/100 g de materia seca
Vitamina B	1,0 – 3,2	mg/100 g de materia seca
Vitamina C	0,05 – 1,3	mg/100 g de mater
Compuestos Bioactivos		
Ácidos fenólicos	18,3 – 40,1	mg/100 g de materia seca
Flavonoides	46,1 – 144,3	mg/100 g de materia seca

Fuente: Rojas et al., 2015, Quiroga Ledezma, 2020.

5.2.1.2. Hoja

La hoja de quinua también destaca por su valor nutricional, se puede consumir cruda o cocida, poco antes de la floración; el rango de variabilidad del contenido de los macronutrientes, micronutrientes y compuestos activos también puede variar dependiendo de la variedad o ecotipo de quinua y de las condiciones de cultivo y almacenamiento. La hoja de quinua tiene un contenido proteico mayor que el grano de quinua u otras verduras; por ejemplo, el sabor y su composición nutricional son similares al de la espinaca, aunque contiene un contenido mayor de aminoácidos esenciales como la isoleucina y valina, un poco menos de metionina y fenilalanina, y un contenido menor de aminoácidos no esenciales como la cistina y tirosina. El contenido lipídico en la hoja es menor que en el grano de quinua (Quiroga Ledezma, 2018) (Pathan & Siddiqui, 2022).

La hoja de quinua tiene un mayor contenido de fibra dietaria, principalmente la insoluble. También contiene minerales esenciales como el zinc, hierro, calcio y fósforo (Tabla V.6.). Al igual que el grano de quinua presenta cantidades importantes de polifenoles, flavonoides, así como carotenoides, antocianinas y otros compuestos bioactivos. Sin embargo, la hoja de quinua presenta un contenido menor de saponinas, aunque un contenido mayor de nitratos y oxalatos (Villacrés et al., 2022).

Tabla V.6: Características nutricionales de la hoja de quinua

Características Nutricionales	Rango	
Proteínas	28,2 – 37,0	%
Aminoácidos Esenciales		
Isoleucina	4,13	mg/g de proteínas
Metionina	0,6	mg/g de proteínas
Fenilalanina	1,8	mg/g de proteínas
Valina	2,84	mg/g de proteínas
Aminoácidos No Esenciales		
Cistina	0,49	mg/g de proteínas
Tirosina	2,91	mg/g de proteínas
Lípidos	2,4-4,5	%
Carbohidratos		%
Fibra dietaria	36,37	%
Cenizas	2,1 – 20,0	%
Minerales		
Zinc	204,00	mg/100 g de materia seca
Hierro	483,00	mg/100 g de materia seca
Calcio	2,79	mg/100 g de materia seca

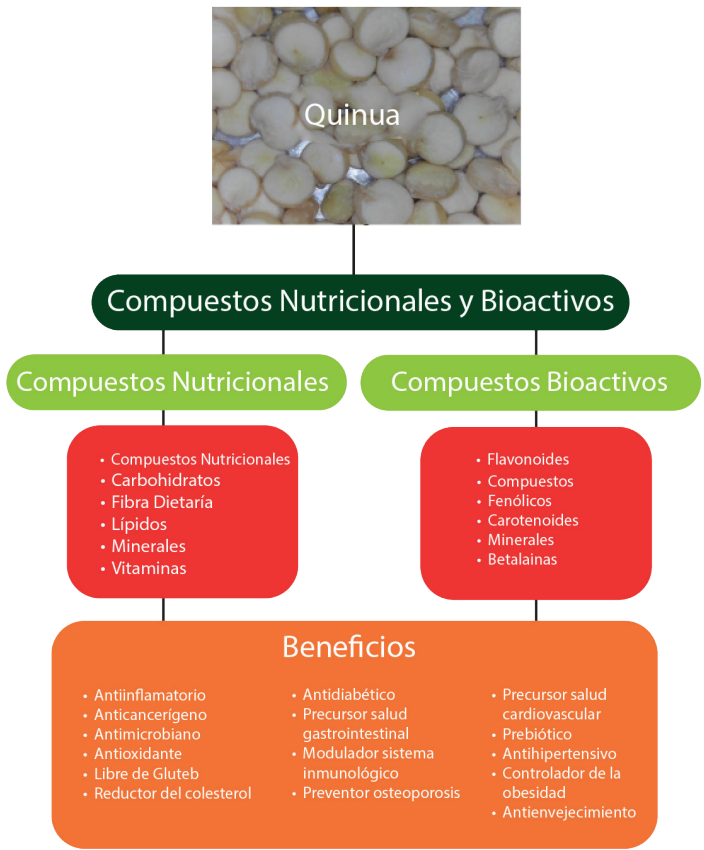
Fósforo	0,63	mg/100 g de materia seca
Compuestos Bioactivos		
Polifenoles	131,8	mg/100 g de materia seca
Flavonoides	62,07	mg/100 g de materia seca
Carotenoides	48,41	mg/100 g de materia seca
Antocianinas	49,36	mg/100 g de materia seca

Fuente: (Quiroga Ledezma, 2018), (Villacrés et al., 2022), (Pathan & Siddiqui, 2022).

5.2.2. Efectos en la salud del consumidor

Se presentan los efectos en el organismo de los principales macronutrientes y micronutrientes, así como el de los antinutrientes presentes en el grano y la hoja de quinoa (Imagen V.3).

Imagen V.3: Compuestos nutricionales y bioactivos presentes en el grano y la hoja de quinua y sus beneficios en la salud



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2.1. Beneficios

Las proteínas de la quinua contienen todos los aminoácidos esenciales, es decir, aquellos que el organismo no puede sintetizar, por lo que es una alternativa interesante para todas aquellas personas que tienen bajo consumo de proteínas de origen animal y que cubren su requerimiento proteico diario a través del

consumo de cereales, leguminosas, granos diferentes a la quinua o sus parientes, como cañahua y amaranto, y los vegetales, los cuales, por lo general, son deficientes en aminoácidos esenciales y, por tanto, pueden aumentar la prevalencia de la desnutrición. Entre los aminoácidos más importantes destacan: la lisina que mejora el sistema inmunológico, favorece la función gástrica, participa en la síntesis del colágeno, es precursor de la carnitina; la metionina que participa en la síntesis de nuevas proteínas, es precursor de la cisteína, contribuye a la eliminación de toxinas y metales pesados; la treonina que también participa en la síntesis de nuevas proteínas, es precursor de la glicina y serotonina, fortalece el sistema inmunológico; y el triptófano que es precursor de la serotonina y melatonina, fortalece el sistema inmunológico, es bueno para el sistema cardiovascular y el nervioso. La isoleucina, leucina y valina, juntas reducen los trastornos neuromusculares, previenen el daño hepático y regulan el nivel de azúcar en la sangre. La fenilalanina estimula el cerebro. Además, el grano de quinua tiene bajo contenido de prolaminas, por lo que es una alternativa interesante para pacientes con celiaquía (Dakhili et al., 2019).

Los ácidos grasos insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados) del grano de la quinua, especialmente los ácidos grasos Omega 3, 6 y 9, contribuyen a la disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares, cáncer y enfermedades degenerativas al suprimir la respuesta inflamatoria, mejorar la función cerebral y controlar la glucemia. También, reducen el colesterol de alta densidad e incrementan el colesterol de baja densidad en la sangre (Thakur et al., 2021).

La fibra dietaria insoluble contribuye a la regularidad intestinal, control de peso, reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer de colon. Además, la fibra dietaria soluble ayuda con la reducción del colesterol y el control de la glucemia. El calcio, fósforo y magnesio son esenciales para la formación y mantenimiento de los huesos y dientes. El potasio y magnesio son importantes para el sistema muscular y nervioso. El calcio, magnesio y potasio ayudan a regular la presión arterial y el sistema

cardiovascular. El hierro, zinc y selenio contribuyen de manera positiva con el sistema inmunológico. También, el alto contenido de calcio lo hace apropiado para personas con intolerancia a la lactosa.

Las vitaminas A, C, D, E y B6 contribuyen al fortalecimiento del sistema inmunológico, además, la vitamina A aporta a la salud ocular. Las vitaminas B6, B12, C, D y E ayudan a la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Las vitaminas A, C, E y B7 contribuyen al mantenimiento de la piel y cabello.

Los compuestos bioactivos como los polifenoles y flavonoides tienen una alta actividad antioxidante por lo que contribuyen a la protección contra el daño celular y el envejecimiento prematuro y reducción inflamatoria asociada a enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes mellitus (Martínez-Villaluenga et al., 2020).

5.2.2.2. Desventajas

La existencia de antinutrientes, tanto en el grano como en la hoja de quinua, demanda la eliminación o degradación de estos a través de diferentes operaciones unitarias como el escarificado, lavado, remojo y cocción. Por lo general, dichos compuestos pueden formar complejos con los nutrientes, en su mayoría insolubles, limitando así la biodisponibilidad de estos e interfiriendo con la digestión, absorción o utilización por las células y órganos. El ácido fítico, taninos y saponinas forman complejos con los minerales, especialmente con los esenciales como el hierro, calcio y zinc y pueden provocar una deficiencia de estos nutrientes. La deficiencia de hierro puede ocasionar anemia ferropénica y, por ende, problemas cardiovasculares, de crecimiento y desarrollo, principalmente en niños, y complicaciones en embarazadas. La deficiencia de calcio puede causar osteoporosis y fracturas óseas y, en casos graves, convulsiones y arritmias cardíacas (Thakur et al., 2021).

Los inhibidores de tripsina detienen la actividad de esta enzima digestiva cuya función es la de degradar las proteínas en unidades menores como péptidos y aminoácidos para que puedan ser asimilados y transportados hasta las células. Las saponinas

también forman complejos con las proteínas, restringiendo así la biodisponibilidad y asimilación de estas. La deficiencia de proteínas conlleva una disminución de la masa muscular y densidad mineral ósea y debilita del sistema inmunológico, entre otros, considerando que las proteínas se utilizan para construir y reparar los tejidos del cuerpo y producir enzimas, hormonas y otros compuestos importantes para el organismo. Sin embargo, a las saponinas también se les asocian algunos beneficios para la salud, ej., que reducen el colesterol y la inflamación, controlan la glucemia y son antioxidantes, por tanto, pueden ayudar a prevenir enfermedades crónicas como el cáncer, cardiovasculares y Alzheimer (Ribeiro et al., 2019).

5.3. Discusión y conclusiones

La situación de la alimentación y la nutrición en el mundo ha tenido un retroceso considerable en la última década, especialmente, por la negativa influencia que la pandemia del COVID-19 generó a nivel mundial, con graves efectos en los sistemas agroalimentarios. Si bien los años postpandemia han mostrado, en general, una recuperación económica, los efectos en la alimentación y nutrición de la población continúan siendo preocupantes.

La quinua es un alimento completo y debería ser parte de la dieta de todas las personas. Su versatilidad en formas de preparación y combinación con otros alimentos puede ser un factor favorable para ampliar su consumo y de esta manera mejorar la seguridad alimentaria de la población. El desafío para los sistemas alimentarios es lograr dietas accesibles y saludables para toda la población. La quinua puede ser un aliado para lograr este cometido.

5.4. Referencias bibliográficas

Ayuda en Acción, Helvetas Bolivia, & Welthungerhilfe. (2022). Índice Global de Hambre Informe Bolivia: La transformación de los sistemas alimentarios y su gobernanza local.

Crespo, C. (2022, marzo 28). ¿Qué dice la ciencia sobre los superalimentos? <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2021/12/que-dice-la-ciencia-sobre-los-superalimentos>

Dakhili, S., Abdolizadeh, L., Hosseini, S. M., Shojaei-Aliabadi, S., & Mirmoghtadaie, L. (2019). *Quinoa Protein: Composition, Structure and Functional Properties*. Food Chemistry, 299, 125161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125161>

FAO, FIDA, OMS, PMA, & UNICEF. (2022). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles. FAO; IFAD; WHO; WFP; UNICEF; <https://doi.org/10.4060/cc0639es>

FAO, O. R. para A. L. y E. C. (2011). La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. <https://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>

Global Hunger Index, Concern Worldwide, & Welthungerhilfe. (2023). *Global Hunger Index*. Global Hunger Index (GHI) - Peer-Reviewed Annual Publication Designed to Comprehensively Measure and Track Hunger at the Global, Regional, and Country Levels. <https://www.globalhungerindex.org/download/all.html>

Guillen, B., & Yanes, J. (2022). El mito de los superalimentos. *OpenMind*. BBVA. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/investigacion/el-mito-de-los-superalimentos/>

Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., & Hernández-Ledesma, B. (2020). *Pseudocereal Grains: Nutritional Value, Health Benefits and Current Applications for the Development of Gluten-free Foods*. Food and Chemical Toxicology, 137, 111178. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111178>

Monteiro, C. A., Moubarac, J.-C., Cannon, G., Ng, S. W., & Popkin, B. (2013). *Ultra-processed Products are Becoming Dominant in the Global Food System*. Obesity Reviews, 14, 21-28. <https://doi.org/10.1111/obr.12107>

OPS/OMS. (2015). Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: Tendencias, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas.

PAHO/WHO. (2023). *PAHO/WHO Data—PLISA*. Plataforma de información en Salud para las Américas (PLISA). <https://www3.paho.org/data/index.php/es/>

Pathan, S., & Siddiqui, R. A. (2022). *Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Greens: A Review. Nutrients*, 14(3), 558. <https://doi.org/10.3390/nu14030558>

PMA. (2020). Análisis integrado de contexto de la seguridad alimentaria en Bolivia. ICA-Bolivia. <https://es.wfp.org/publicaciones/analisis-integrado-de-contexto-de-la-seguridad-alimentaria-en-bolivia-ica-bolivia>

Quiroga Ledezma. (2018). Quinoa: El grano ancestral dorado de los Andes para las generaciones del presente y futuro. En *El pasado del futuro alimentario: Los alimentos ancestrales americanos* (pp. 42-59). Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora. <https://books.google.com.bo/books?id=551NzQEACAAJ>

Quiroga Ledezma, C. C. (2020). *Native Food Crops for Present and Future Generations*. En *Sustainability of the Food System* (pp. 3-23). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818293-2.00001-X>

Ribeiro, P. V. de M., Andrade, P. A., Hermsdorff, H. H. M., dos Santos, C. A., Cotta, R. M. M., Estanislau, J. de A. S. G., Campos, A. A. de O., & Rosa, C. de O. B. (2019). *Dietary Non-nutrients in the Prevention of Non-communicable Diseases: Potentially Related Mechanisms. Nutrition*, 66, 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2019.03.016>

Rojas, W., Risi, J., Pinto, Milton, & Vargas, Amalia. (2015). Propiedades Nutricionales de la Quinoa. En *producción y mercado de la quinoa en Bolivia* (pp. 157-210). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Thakur, P., Kumar, K., & Dhaliwal, H. S. (2021). *Nutritional Facts, Bio-active Components and Processing Aspects of Pseudocereals: A Comprehensive Review*. Food Bioscience, 42, 101170. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101170>

Vélez, L., & Zuluga, R. (2020). Superalimentos: Héroes para la salud. Divulgación científica. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://www.upb.edu.co/es/central-blogs/divulgacion-cientifica/superalimentos-comida-saludable>

Villacrés, E., Quelal, M., Galarza, S., Iza, D., & Silva, E. (2022). *Nutritional Value and Bioactive Compounds of Leaves and Grains from Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*. Plants, 11(2), 213. <https://doi.org/10.3390/plants11020213>

von Grebmer, K., Bernstein, J., Resnick, D., Wiemers, M., Reiner, L., Bachmeier, M., Hanano, A., Towey, O., Ní Chéilleachair, R., Foley, C., Gitter, S., Larocque, G., & Fritschel, H. (2022). *Global Hunger Index: Hambre y Sistemas Alimentarios en Situaciones de Conflicto*. Bonn: Welthungerhilfe; y Dublin: Concern Worldwide.

6.

SOSTENIBILIDAD Y PROYECCIONES EN LA CADENA DE VALOR DE LA QUINUA

Branko Fernández - Álvaro Mendoza

Resumen

Este capítulo examina la relevancia de la logística en la cadena de valor de la quinua, enfatizando su contribución a la competitividad mediante el meticuloso control de las actividades implicadas. Se analiza la influencia de la infraestructura de un país, en su participación en el comercio internacional. Se detallan, minuciosamente, las etapas relacionadas con la producción y comercialización de la quinua, destacando las disparidades entre el cultivo tradicional en el altiplano boliviano y el tecnificado, que emerge en las regiones orientales de Bolivia. Asimismo, se resalta la importancia de la gestión logística en el sector de la quinua, subrayando la necesidad de una planificación estratégica, coordinación efectiva y control de todas las fases de la cadena de valor.

Palabras clave: Logística, desempeño logístico, gestión logística, mercado globalizado, equilibrio de mercado, cadena de valor.

Introducción

La quinua es uno de los cultivos más importantes de los Andes y se ha convertido en un alimento cada vez más popular en todo el mundo debido a sus propiedades nutricionales y su versatilidad culinaria. El proceso productivo de la quinua es fascinante, ya que se trata de un cultivo ancestral que ha sido cultivado en el altiplano boliviano y peruano por más de 5.000 años. En este proceso, intervienen diversos factores que influyen en la calidad y cantidad de la producción, tales como las condiciones climáticas, el manejo agronómico y la selección de variedades adecuadas. Aunque existen diferencias entre el cultivo de quinua en regiones tropicales y en el altiplano, en general, los pasos a seguir son similares. En este apartado, se explorarán los aspectos más relevantes del proceso productivo de la quinua, para comprender mejor cómo se lleva a cabo y cómo optimizarlo para obtener una producción exitosa y sostenible.

Objetivos del capítulo

1. Analizar la importancia de la logística en la cadena de valor de la quinua, destacando cómo puede contribuir a la competitividad a través de un control exhaustivo de las actividades involucradas.
2. Explorar la influencia de la infraestructura del Estado en la participación del comercio internacional.
3. Describir a detalle las actividades involucradas en la cadena de valor de la producción y comercialización de la quinua, comentando las diferencias entre el cultivo en el altiplano boliviano, conocido por el uso de prácticas tradicionales, y el cultivo en el departamento de Santa Cruz, que destaca por su mayor nivel de tecnificación en busca de economías de escala.

4. Destacar la importancia de la gestión logística en el sector de la quinua, resaltando la necesidad de una planificación estratégica, coordinación efectiva y control de las actividades logísticas en todas las etapas de la cadena de valor.

6.1. Importancia de la logística en la cadena de valor de la quinua

Desde la investigación de operaciones se tiene evidencia que se puede utilizar modelos que permitan hacer más eficiente la asignación de recursos, en este sentido, la logística aporta permitiendo un control exhaustivo de las actividades involucradas en la cadena de valor.

Particularmente, el cultivo de granos ha contribuido desde hace varios milenios, jugando un papel fundamental en la supervivencia de la especie humana; por su aporte desde la dimensión nutritiva la quinua puede competir fácilmente con otros cultivos como el trigo, maíz y arroz. El origen de este cultivo es la región andina, a escala global Perú y Bolivia son los principales productores de quinua, ambos países están haciendo esfuerzos por separado para llegar a mercados internacionales, resultando los más atractivos Norteamérica y Europa, además del rendimiento del cultivo y el número de hectáreas cultivadas, otras condiciones también son necesarias para poder incrementar las cantidades producidas y comercializadas. Si bien la logística no puede ser reducida al transporte de bienes y su asociación con el costo de distribución, la incidencia porcentual en el costo del producto en el mercado de destino hace importante el estudio de las actividades relacionadas. Siguiendo esta lógica, la infraestructura de un país y la operatividad de sus vías pueden ser determinantes en la competitividad de sus productos en mercados internacionales. En el caso de Bolivia, por su condición de mediterraneidad, cualquier proyecto de exportación involucra trabajar con puertos de países vecinos como Chile, Perú, Argentina y Brasil. Para un país que se encuentra en el corazón de Sudamérica, transportar quinua desde las regiones productoras hasta los puertos extranjeros implica recorrer por carretera cientos de kilómetros haciendo uso de corredores que permiten a Bolivia diversificar sus opciones de exportación de

quinua y facilitar su acceso a diferentes mercados internacionales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que en la elección de un corredor en particular no sólo se debe tener en cuenta la distancia, ya que puede depender de factores como la operatividad de las vías, la ubicación geográfica del destino final y los acuerdos comerciales vigentes.

Todas las naciones pretenden alcanzar el éxito en la exportación de productos, es una búsqueda de ventajas comparativas y competitivas, un resultado favorable en la gestión logística será una balanza comercial mejor equilibrada y los beneficios económicos internos que esto acarrea. La factibilidad de llegar a mercados extranjeros depende de una combinación de políticas públicas y capacidad del sector privado; en Bolivia, CADEX tiene implementado un Departamento de Logística y Transporte que tiene una función básicamente informativa sobre las soluciones logísticas más factibles para exportar un producto, en este caso la quinua.

Las condiciones de un país son determinantes en la competitividad que un emprendimiento puede llegar a conseguir. Bolivia se encuentra en el centro de Sudamérica y tiene límites con cinco países, esta condición desde el punto de vista logístico puede verse como una oportunidad, los proyectos de integración oriente - occidente siguen siendo propuestos, pero aún existen brechas importantes y parece que su consolidación sigue siendo un proyecto a largo plazo.

En el entorno logístico se considera fundamental un indicador conocido como perfil logístico, esta métrica nivel país se refiere al conjunto de características, capacidades y recursos que influyen en la eficiencia y efectividad de la gestión de las actividades logísticas en una nación. Estas características incluyen aspectos como la infraestructura de transporte y comunicaciones, la calidad de los servicios logísticos, la tecnología utilizada, la capacidad aduanera, la eficiencia en los procesos de almacenamiento y distribución, entre otros.

El perfil logístico de un país es crucial para determinar su competitividad en el comercio internacional, ya que influye en la capacidad de una nación para mover eficientemente bienes y servicios a través de su territorio y conectarlos con los mercados internacionales. Un buen perfil logístico implica la existencia de infraestructuras modernas y bien mantenidas, sistemas de transporte eficientes, procesos ágiles de despacho aduanero, entre otros aspectos que facilitan el comercio y la distribución de productos.

Evaluar el perfil logístico de un país es fundamental para identificar áreas de mejora y diseñar estrategias para fortalecer la cadena de suministro, reducir costos, mejorar la eficiencia y promover la competitividad en el ámbito internacional.

En cuanto al perfil logístico de Bolivia se tiene como dato más cercano el 2014, donde se observan resultados globalmente bajos, con puntuaciones cercanas a las de países africanos en las distintas evaluaciones. El país se encuentra considerablemente por debajo del promedio de América Latina y el Caribe (ALC) (2,77) y de la región en estudio (2,83), así como a una gran distancia de las regiones líderes en el índice como Estados Unidos y Canadá (3,89), Unión Europea (3,56) y China (3,53). En comparación con otros países de la región, Bolivia obtiene puntuaciones inferiores en la mayoría de las evaluaciones del Índice de Desempeño Logístico (LPI). Se puede acceder a esta información en el siguiente link o usando el código QR.

https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1023/CAF_%20PERLOG%20BOLIVIA.pdf?sequence=62&isAllowed=y

QR # VI.1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al Índice de desempeño logístico.

Otro indicador relevante es elaborado por el Instituto Mexicano para la Competitividad, que mide la capacidad de 43 economías del mundo para generar, atraer y retener talento e inversión, este indicador es el Índice de Competitividad Internacional (ICI). De acuerdo a las mediciones, Bolivia no figura dentro de las principales 43 naciones, se puede revisar el reporte del 2022 en el siguiente link o usar el código QR para acceder.

<https://api.imco.org.mx/release/latest/vendor/imco/indices-api/documentos/Competitividad/%C3%8Dndice%20de%20Competitividad%20Internacional/2022%20%C3%8Dndice%20de%20Competitividad%20Internacional%202022/Documentos%20de%20resultados/Reporte.pdf>

QR # VI.2



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al Índice de Competitividad Internacional.

En un artículo publicado en Datosmacro.com se puede ver la evolución cronológica de Bolivia, la mejor posición se obtuvo el 2012 ocupando el puesto 103 y el último dato es del 2019 encontrándose en la posición 107. También se encuentra otra

información relevante como índices de innovación, corrupción y transparencia revisando el siguiente link o usando el código QR para acceder.

<https://datosmacro.expansion.com/estado/indice-competitividad-global>

QR # VI.3



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al Índice de Competitividad Global.

Países con un perfil logístico más ventajoso están incursionando en la producción de quinua con el objetivo de exportar. En un mercado globalizado todos tienen la posibilidad de competir, siendo los productos con mayor margen de rentabilidad los más atractivos al momento de decidir invertir. La quinua, debido a sus beneficios nutricionales y la visibilidad que ha obtenido en los últimos años, se ha posicionado como producto altamente valorado y ha intensificado la competitividad entre países productores. Las posibilidades de tecnificación e industrialización hacen la diferencia, las empresas que puedan producir a menor costo estarán en ventaja en los próximos años. Una de las ventajas del cultivo de la quinua ha sido la adaptabilidad de las plantas a diferentes condiciones climatológicas, sin embargo, esta característica hoy más que nunca permite a muchas regiones incursionar en el mercado de este grano libre de gluten, las tendencias actuales lo han relacionado con estilos de vida saludables y condiciones físicas deseadas por un gran porcentaje de la población mundial.

El estudio detallado de la asignación de recursos para que una empresa pueda operar y entregar su producción al cliente final tiene como objetivo principal que una compañía sea más eficiente que otras, genere valor para sus clientes y asegure su permanencia en el

mercado. Gestionar la logística de la quinua, similar a otros cultivos, incluye actividades relacionadas al movimiento y almacenaje de materiales e información, estos generan costos, las decisiones sobre los procesos logísticos en las distintas etapas (compra de insumos, producción, procesamiento y distribución) deben analizarse minuciosamente en busca de recortes en los costos, superar las deficiencias en la infraestructura de soporte de una región y tiempos logísticos de un país.

Perú y Bolivia son los principales exportadores de quinua, la importancia en la economía hace que el Estado proponga iniciativas para fomentar su producción e iniciativas privadas surgen en busca de beneficios. La quinua es un producto valorado por su aporte nutricional, el 22 de diciembre del 2011, la Asamblea General de la Naciones Unidas declaró el año 2013 “Año Internacional de la Quinua”.

Se puede encontrar más información en el siguiente link o usar el código QR para acceder.

<https://news.un.org/es/story/2013/02/1264791>

QR # VI.4



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a más información sobre el Año internacional de la quinua.

La repercusión tuvo un efecto interesante en la economía, al ser valorada la quinua por encima de otros productos como el trigo y el arroz, el precio fue mayor debido a la atención prestada y a las acciones que promocionaron su consumo, como segunda interacción los principales productores incrementaron los esfuerzos para lograr volúmenes de producción mayores, pero a la par otros países también se interesaron, se puede mencionar a Canadá,

Estados Unidos, Colombia y España, entre otros, como también la oferta va en aumento los precios se estabilizan y convergen buscando el equilibrio de mercado. Hubo un tiempo en que el grano se hizo excesivamente caro para el consumo local y esto fue retornando a la normalidad paulatinamente.

6.2. Cadena de valor

En los siguientes párrafos se presenta una descripción de las principales actividades logísticas involucradas en la producción y comercialización de la quinua, con el objetivo de alcanzar los mercados regionales más cercanos.

La cadena de valor de la quinua abarca diversas etapas, desde su producción hasta su comercialización.

La producción de quinua requiere de maquinarias que desempeñan un papel crucial en el proceso. Estas herramientas tecnológicas permiten llevar a cabo tareas fundamentales, desde la preparación del suelo y la siembra, hasta la cosecha y el procesamiento posterior de los granos. La utilización de maquinaria adecuada y eficiente es fundamental para optimizar la productividad, reducir el tiempo y los costos de producción, así como garantizar la calidad del producto final. Estas máquinas están diseñadas específicamente para cubrir las diversas etapas de la cadena de valor de la quinua, contribuyendo a una producción más eficiente y rentable en el sector.

Es importante tener en cuenta que la selección de las máquinas dependerá de la superficie cultivada y las posibilidades de financiamiento. Existen diferentes marcas y modelos para cada máquina, por lo que es necesario evaluar y comparar para determinar cuál será la más adecuada para cada caso específico, en función de sus características técnicas y su costo.

6.2.1. Planificación de la producción

Planear la producción de un cultivo implica escoger el emplazamiento del proyecto, la selección de variedades en función a la adaptación a las condiciones que ofrece el lugar, preparación del suelo con los nutrientes adecuados, la siembra, el riego y cuidados necesarios para evitar plagas y definir objetivos de rendimiento que usualmente son medidos en toneladas por hectárea.

La motivación por invertir en un cultivo en lugar de otro está principalmente en función a la rentabilidad que se puede obtener, el agricultor apostará por los cultivos que prometen mayor margen y tienen posibilidad de controlar los riesgos de pérdidas, el contraste de los costos con los precios de venta en los mercados representa los márgenes de utilidades esperadas. Los precios de mercado proveen información para planificar la producción, son una referencia para el agricultor de qué producto debe tener a la venta en la próxima temporada.

6.2.2. Transporte y distribución

Por las características de Bolivia las distancias suelen ser considerables entre los centros de producción y los mercados principales, esto para el mercado nacional. Considerando las exportaciones, los principales mercados son: Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia.

La quinua es un producto perecedero, llegar al destino en las condiciones deseadas es fundamental para garantizar su calidad y valor comercial. El transporte y distribución de la quinua debe realizarse en condiciones adecuadas de temperatura, humedad y manipulación para evitar pérdidas por daño mecánico, exposición a la humedad y a insectos. En Bolivia, existen diversas empresas de transporte y logística que se encargan de la distribución de la quinua tanto a nivel nacional como internacional, utilizando diversos medios como camiones, barcos y aviones. Además, es importante contar con un adecuado sistema de embalaje y etiquetado para facilitar la identificación y seguimiento del producto durante su traslado. En los mercados internacionales, se requiere cumplir

con los estándares de calidad y sanidad exigidos por los países importadores, lo que implica realizar controles y análisis en los puntos de origen y destino, así como contar con los permisos y certificaciones necesarios para la exportación.

6.2.3. Logística de exportación

A continuación se realiza una explicación del proceso de exportación de quinua en sacos, incluyendo la gestión de certificados y el flujo de proceso desde la planta procesadora hasta el desembarque en el puerto.

Documentación y requisitos para exportar:

- Factura internacional, se debe detallar el Incoterm, producto, partida arancelaria, tipo de contenedor y destino.
- Declaración jurada de valor (para productos valorados en menos de cinco mil dólares, reemplaza la factura).
- *Packing list* (detalle del peso y cantidad del producto).
- Documento de transporte (conocimiento de embarque marítimo).
- Certificado de origen (dependiendo de la necesidad del cliente o requisitos del país destino).
- Certificado fitosanitario, es gestionado a través del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG).
- Certificado de origen, válida que el producto es originario de Bolivia, de ser el caso y dependiendo del destino puede aplicar a un arancel preferencial.

Proceso de exportación desde la planta procesadora:

- Una vez procesada y embalada la quinua, se coordina con el especialista de aduanas para ingresar la carga a la terminal portuaria.
- Se presenta la documentación requerida y se pasa por los controles aduaneros.

Programación de ingreso al terminal:

- Se establecen plazos para el ingreso de la carga dependiendo del tipo de terminal utilizado.
- En un terminal extra portuario, la carga debe estar lista para embarcar aproximadamente tres a cuatro días antes de la llegada de la nave.

Inspección y levante de aduanas:

- Una vez que la carga ingresa al terminal, se declara y lanza el canal de control aduanero.
- Se coordina con el especialista de aduanas para realizar la inspección física de la carga y obtener el levante de aduanas.

Llenado del contenedor y verificación de calidad:

- Se realiza una inspección del contenedor para verificar su estado.
- Se etiquetan los sacos con la aprobación del país de destino.
- Se verifica la calidad del producto antes de llenar el contenedor.

Cierre del contenedor y seguimiento:

- Una vez lleno el contenedor, se coloca el precinto de la línea naviera y se toman fotografías.
- El contenedor se sella y se realiza un seguimiento del transporte desde el almacén hasta el puerto, asegurando la integridad de la carga.

Ingreso al puerto y trámites adicionales:

- Al llegar al puerto, se entrega el contenedor y se procede a la apertura provisional del mismo.

- Pueden realizarse inspecciones adicionales y ajustes en la documentación según las exigencias aduaneras.

Coordinación y transparencia con las aduanas:

- Es importante mantener una coordinación fluida y transparente con las aduanas para evitar demoras en el proceso de exportación.
- En caso de que la carga sea seleccionada para una inspección aduanera, pueden surgir demoras adicionales hasta que se resuelvan las observaciones y se levante la restricción.

Responsabilidades del exportador e importador:

- El exportador es responsable de coordinar el transporte interno desde la planta procesadora hasta el puerto de embarque.
- El flete internacional y el seguro suelen ser responsabilidad del importador, a menos que se acuerde lo contrario.

Inspecciones en destino:

- En el país de destino, se pueden realizar inspecciones adicionales para verificar la calidad y el cumplimiento de los productos.
- Estas inspecciones suelen llevarse a cabo antes de la nacionalización de la carga en el país de destino, especialmente en primeras exportaciones o al establecer relaciones comerciales.

Recomendación para empresas nuevas en el comercio exterior:

- Se recomienda contratar un seguro internacional para proteger la carga durante el transporte marítimo. El seguro cubrirá los riesgos de pérdida, daño o robo de la carga durante el proceso de exportación.

Para una exportación exitosa, es fundamental contar con una planificación y preparación adecuadas. Esto implica tener toda la documentación requerida, como facturas comerciales, certificados de origen y documentos de aduana, en orden y listos para su presentación. Es recomendable trabajar con un agente de carga o un operador logístico con experiencia en el manejo de la cadena de suministro, el agente de carga puede brindar apoyo y experiencia en la coordinación de todos los aspectos logísticos, desde la gestión de certificados hasta el transporte y la entrega de la carga en el puerto. Los operadores logísticos cuentan con experiencia, conocimiento de los procesos y capacidad de negociación, lo que brinda respaldo y ayuda en la gestión de costos y tiempos.

La siguiente tabla incluye algunos operadores logísticos, junto con sus características y contactos:

QR # VI.5



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a la información de algunos operadores logísticos en Bolivia, junto con sus características y contactos.

Fuente: Elaboración propia.

Más información sobre los servicios, cobertura y capacidades se puede encontrar en los sitios web mencionados.

6.3. Tecnologías emergentes

Las empresas exportadoras de quinua tienen que hacer frente a diferentes retos logísticos, como la gestión de aduanas y trámites de exportación, el almacenamiento y la conservación del producto durante el transporte y la entrega puntual a los clientes.

Para ello, se utilizan diferentes estrategias y tecnologías, como el uso de contenedores refrigerados, el seguimiento por GPS de los envíos y la colaboración con empresas de transporte y logística especializadas. Todo esto con el objetivo de asegurar que la quinua llegue a su destino en las mejores condiciones posibles y con la calidad requerida.

El estudio de las rutas, la medición de tiempo y eficiencia en el transporte de la carga son fuentes generadoras de ventaja competitiva, los mercados con mayor capacidad de poder adquisitivo son también los más exigentes. Este análisis y seguimiento se conoce como “trazabilidad de la ruta”, en la exportación de quinua desde Bolivia se refiere a la capacidad de rastrear y documentar de manera precisa y detallada todo el proceso de producción, procesamiento, almacenamiento y transporte, desde su origen en las regiones productoras de Bolivia hasta su destino final en los mercados internacionales.

Para lograr una trazabilidad efectiva se hace uso de nuevas tecnologías y sistemas de información global, se utilizan diferentes herramientas y técnicas, como sistemas de etiquetado, códigos de barras, registros de producción, certificaciones y documentos de embarque. Estas herramientas permiten identificar y registrar información relevante en cada etapa del proceso, como la variedad de quinua cultivada, las fechas de siembra y cosecha, los métodos de procesamiento, las condiciones de almacenamiento y los detalles del transporte.

La trazabilidad es crucial en la exportación de quinua debido a los requisitos de calidad y seguridad alimentaria de los mercados internacionales. Permite garantizar la autenticidad del producto, brindar información sobre sus características y propiedades, así como responder rápidamente ante cualquier problema o reclamo relacionado con la calidad o seguridad.

La trazabilidad también puede ser entendida y valorada como una herramienta estratégica para la diferenciación y promoción del producto en los mercados internacionales. Permite destacar la procedencia de la quinua boliviana, su producción sostenible

y las prácticas agrícolas responsables, lo que puede ser un factor determinante para captar la atención y preferencia de los consumidores.

6.4. La ruta de la quinua

La exportación de quinua ha desempeñado un papel importante en la economía boliviana, ya que ha permitido diversificar sus exportaciones y promover el desarrollo del sector agrícola. Bolivia exporta quinua a varios países del mundo.

El primer reto una vez que el acopio de la quinua ha sido realizado, el grano ha sido beneficiado, seleccionado y se tiene el producto listo para su traslado en sacos, es llegar a los puertos chilenos, para esto se hace uso de corredores. Bolivia tiene varios corredores para exportar sus productos, sin embargo, en el caso de la quinua la ruta es a través de los puertos de Chile, para llegar a este país se hace uso del Corredor Bioceánico Central, que conecta La Paz (Bolivia) y Arica (Chile) a través de la carretera internacional que atraviesa la frontera entre ambos países. Es una ruta importante para el comercio y transporte de mercancías, incluida la exportación de productos como la quinua.

Otros puertos utilizados para exportar quinua son los de Iquique y Antofagasta situados en la costa chilena con condiciones igualmente favorables. El puerto de Ilo en el Perú se utiliza para el continente asiático; la primera exportación por esta vía se realizó en 2018.

Se puede encontrar más información de esta operación con destino a China en el siguiente link o usando el código QR para acceder.

<https://presidencia.gob.bo/index.php/prensa/noticias/112-bolivia-inicia-inedita-exportacion-de-40-toneladas-de-quinua-organica-a-china#:~:text=La%20exportaci%C3%B3n%20de%20quinua%2C%20que,para%20llegar%20al%20continente%20asi%C3%A1tico.>

QR # VI.6



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a más información sobre la exportación de quinua a China.

A continuación se explica la ruta que sigue la quinua para llegar a Europa, tomando como ejemplo el desembarque en el puerto de Hamburgo:

En el puerto de Arica, Chile, se procede al embarque de la quinua, se carga en contenedores y se prepara para el transporte marítimo.

La ruta que sigue un buque desde el puerto de Arica (Chile), hasta Hamburgo (Alemania), generalmente implica un recorrido marítimo a través del océano Atlántico. La travesía comienza con la salida desde el puerto de Arica, estratégicamente ubicado en la costa del océano Pacífico en Chile. Desde allí, el buque se dirige hacia el oeste, navegando por el Pacífico.

Dependiendo de la ruta seleccionada, el buque puede ingresar al estrecho de Magallanes, ubicado en el extremo sur de América del Sur. Este paso marítimo ofrece una opción alternativa para adentrarse en el océano Atlántico. De lo contrario, el buque continúa su navegación alrededor del extremo sur de América del Sur, adentrándose en el océano Atlántico.

En algunos casos, el buque puede optar por ingresar al canal de Panamá, una vía de navegación que conecta el océano Pacífico con el océano Atlántico. Esta opción brinda un acceso más directo a la costa este de América del Norte y Europa.

Una vez en el océano Atlántico, el buque sigue navegando en dirección norte, siguiendo las rutas marítimas establecidas. Cruza el océano Atlántico hasta llegar a la costa europea. Finalmente,

el buque arriba al puerto de Hamburgo, uno de los principales puertos marítimos de Alemania y Europa, situado a orillas del río Elba.

Es importante tener en cuenta que la ruta exacta puede variar según diversos factores, como las condiciones climáticas, los acuerdos comerciales y las políticas de las navieras. Además, la elección de la ruta puede depender de consideraciones logísticas, costos y tiempos de tránsito.

Si bien Bolivia continúa realizando esfuerzos para competir globalmente en el mercado de la quinua, Perú ha tomado la delantera en cantidades exportadas. Una ventaja importante que beneficia a Perú es la geográfica, ya que puede hacer uso de puertos propios que reducen sus costos logísticos.

A continuación, una breve descripción de los principales puertos utilizados para exportar quinua peruana:

Puerto del Callao: ubicado en la ciudad de Callao, es el principal puerto marítimo del país y se encuentra cerca de la capital, Lima. Es el punto de partida para la mayoría de las exportaciones peruanas, incluida la quinua. Desde el puerto del Callao, la quinua puede ser enviada a diferentes destinos en todo el mundo.

Puerto de Matarani: situado en la región de Arequipa, en el sur de Perú, es otro importante punto de salida para la exportación de quinua. Se encuentra estratégicamente ubicado y ofrece conexiones convenientes a través de rutas marítimas hacia diferentes mercados internacionales.

Puerto de Paita: ubicado en la región de Piura, en el norte de Perú, también desempeña un papel significativo en la exportación de quinua. Es uno de los principales puertos comerciales del país y facilita el envío de productos hacia el norte de América y Europa.

6.5. Referencias bibliográficas

Álvarez, R. (2018). Cultivo de quinua: Producción, precios y mercados. Agroinformación. <https://www.agroinformacion.com/cultivo-quinua-produccion-precios-mercados/>

Aroni, J. (2018). *A Model for Sustainable Agriculture: Quinoa Production in Bolivia*. Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 7(2), 87-92. <https://doi.org/10.15640/jaes.v7n2a10>

Bazile, D., Jacobsen, S.-E., & Verniau, A. (2016). *The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits*. Frontiers in Plant Science, 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.00622>

Cáceres, H., & Tapia, M. (2018). La quinua en Bolivia: una alternativa para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 14(2), 140-147. <https://doi.org/10.31410/itema.2018.587>

Carpio, C. E., Gómez, M. V., & Mendoza, M. E. (2018). Prácticas agroecológicas en la producción de quinua en la Región Puno, Perú. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 9(1), 33-45.

Cássaro, R., & Baigorria, T. (2018). La cadena de valor de la quinua en Argentina. Realidad Económica, (318), 1-27.

CONAMQ. (2021). Reglamento Técnico para la Producción, Comercialización y Exportación de Semilla de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) en Bolivia. <http://www.conamq.gob.bo/documentos/Reglamento%20tecnico%20semilla%20de%20Quinoa%20.pdf>

Cusicanqui, J. A. (2016). Quinoa, origen de vida: Orígenes, mitos, ritos y prácticas en torno a un cultivo milenario. Ediciones Estudio, Bolivia.

Gómez, M. V., Carpio, C. E., & Zapana, C. M. (2019). Análisis de costos y rentabilidad del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) bajo condiciones de producción agroecológica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 20(3), 297-311.

Gómez, L., & Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Jacobsen, S.-E. (2011). *The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster*. https://www.researchgate.net/publication/230231514_The_Situation_for_Quinoa_and_Its_Production_in_Southern_Bolivia_From_Economic_Success_to_Environmental_Disaster

Tecnología Hortícola. (2020, junio 15). Las nuevas tecnologías en la agricultura. Tecnología Hortícola. <https://www.tecnologiahorticola.com/nuevas-tecnologias-agricultura/>

Llave, R. del C. (2017). Cultivo y exportación de quinua orgánica a Europa desde Bolivia. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5839/1/T2145-MSP-Llave-Cultivo.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2019). Plan Nacional de la Quinua 2019-2029. <https://www.gob.pe/institucion/minagri/informes-publicaciones/284637-plan-nacional-de-la-quinua-2019-2029>

Moreira, J., & Escalante, E. (2018). Economía del cambio climático en la producción de quinua orgánica en Perú. *Revista de Investigación Académica*, 47, 1-14.

Pacheco, P. (2019). Agronegocios de la quinua en Bolivia. En G. O. Hinojosa (Ed.), *La Quinua como cultivo promisorio en el siglo XXI* (pp. 51-74). Universidad Técnica de Oruro.

Soto, F. (2015). Bolivia: el cultivo de la quinua orgánica. En I. Lewkowicz & M. Cohen (Eds.), *Agriculturas familiares en América Latina y el Caribe ante los desafíos del desarrollo sostenible* (pp. 47-52). FAO. <https://www.fao.org/3/a-i4895s.pdf>

UNCTAD. (2013). *Quinoa: An Ancient Crop to Contribute to World Food Security*. United Nations. https://unctad.org/system/files/official-document/ditcted2012d3_en.pdf

Vilca, R. (2018). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de quinua orgánica en el Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/9324/Vilca_cr.pdf?ssequence=1&isAllowed=y

7.

PRICING Y PERSPECTIVAS DEL PRECIO DE LA QUINUA

Mauro Delboy

Resumen

El *Pricing* —o fijación de precios— es parte fundamental de cualquier estrategia de producción, ya que puede influir significativamente en el beneficio de un producto y sirve para establecer un precio en el mercado. En el caso específico del grano de quinua, un pronóstico sobre el precio de este producto es importante para aquellos que están involucrados en la toma de decisiones con respecto a la producción, distribución y venta.

Este capítulo se encuentra estructurado de la siguiente manera: i) se presenta la metodología de *Pricing* óptimo del precio de este cultivo, detallando los factores de oferta y demanda a ser tomados en cuenta, ii) se muestra un análisis de la evolución histórica del precio, detallando los factores que han generado mayor volatilidad histórica en los datos, iii) se proponen y explican detalladamente dos metodologías de estimación del precio de la quinua en el corto plazo, iv) se hace un cuadro comparativo de las dos metodologías de estimación analizando ventajas y desventajas tanto de LSTM (*Long- Short Term Memory*) como de ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*) y, v) Se discuten los resultados obtenidos a través de las metodologías de pronóstico de precio.

El capítulo finaliza otorgando un análisis sobre las perspectivas de precio ante los diversos escenarios de incertidumbre que puede enfrentar la Quinua Real blanca.

Palabras clave: *Pricing*, volatilidad, LSTM, ARIMA, pronóstico de precio.

Introducción

Dada la creciente demanda de quinua a nivel global, es esencial abordar la mejor estrategia de *Pricing* para asegurar un equilibrio entre los productores, los distribuidores y los consumidores.

Cabe destacar que el mercado de la quinua ha experimentado un auge en la última década, impulsado en gran medida por la creciente demanda de alimentos saludables y nutritivos (Aerni & Nichterlein, 2014).

A medida que la conciencia sobre la importancia de una alimentación sana aumenta, la demanda de productos como la quinua sigue creciendo. Este cultivo es altamente resistente a condiciones climáticas adversas, lo que lo convierte en una opción viable para la seguridad alimentaria en regiones propensas a sequías y cambios climáticos extremos (Ruiz, et al., 2014). En este contexto, el establecimiento de un precio justo y sostenible es fundamental para garantizar la estabilidad y el crecimiento continuo del mercado. Un precio adecuado permitiría a los agricultores obtener ingresos suficientes para cubrir sus costos de producción y obtener un margen de beneficio razonable, incentivándolos a seguir invirtiendo en el cultivo de la quinua. Además, un precio justo también contribuiría a asegurar la viabilidad económica de los distribuidores y minoristas involucrados en la cadena de suministro.

Objetivos del capítulo

El objetivo del capítulo sobre *Pricing* y perspectivas del precio es analizar a profundidad los factores que influyen en la fijación de precios para, posteriormente, realizar un pronóstico, el que inicia por un análisis histórico del precio de la Quinua Real blanca en Bolivia, posteriormente se propone un análisis detallado de la

dinámica del mercado y las variables clave que afectan la formación de precios en la industria de la quinua. Otro de los objetivos de este capítulo es proporcionar una visión integral de las perspectivas futuras del precio de la quinua, considerando tanto los factores internos como externos que pueden influir en su valor. Por último, se tiene el objetivo de mostrar las metodologías de pronóstico del precio mediante modelos de aprendizaje automatizado, mostrando las diferentes perspectivas a las que se enfrenta el precio de mercado de este grano.

7.1. Análisis histórico del precio

En la década de 1960, cerca del 97% de la tierra estaba destinada al pastoreo. Con el alza del precio de la quinua, el área de cultivo se incrementó de 3% a 86,5%, reduciendo el área de cultivo a 16,5% de la tierra destinada al pastoreo (Izko, 1992). Entrando en el 2000, en el contexto de la globalización y con la apertura de nuevos mercados, la producción de quinua se fue incrementando debido a la demanda mundial, alcanzando un nivel histórico para el 2013, año en el cual Bolivia se consagró como el primer exportador de quinua del mundo. La producción destinada al mercado de exportación se multiplicó por cinco en una década denominándose el Año Internacional de la Quinua por las Naciones Unidas, este evento marcó un hito importante para la promoción y la visibilidad mundial de la quinua, generando un aumento sin precedentes en la demanda y el precio, ya que muchos países descubrieron este grano y comenzaron a incorporarlo en sus dietas. Durante ese periodo, el precio de la quinua pudo alcanzar su punto máximo histórico. Sin embargo, a finales del 2014, se observó una cierta desaceleración en la demanda y una mayor competencia en el mercado global. Otros países, como Perú y Estados Unidos, también comenzaron a cultivar y exportar este grano, lo que ocasionó un aumento de la oferta y una disminución en el precio. Este contexto fue desfavorable para el país y generó un cambio en las tendencias y en la dinámica del mercado, donde el volumen y el precio de la quinua de exportación descendieron paulatinamente y, aunque este precio ya no se encuentra en su punto máximo, este valor sigue siendo relativamente alto, respaldado por la demanda sostenida de este valioso cultivo andino.

7.2. Fundamentos del *Pricing*

Con el objetivo de lograr el *Pricing* adecuado para el precio de la quinua, se ha estructurado una metodología efectiva basada en la literatura de Aerni & Nichterlein (2014), y también en los lineamientos que proponen Cabrerizo, Casanoves, & González (2013).

Esta metodología se encuentra en la imagen que se presenta a continuación:

Imagen VII.1: Estrategias de establecimiento de un *Pricing* eficiente



Fuente: Elaboración Propia en base a Aerni, P., & Nichterlein, K. (2014) y Cabrerizo, A., Casanoves, F., & González, J. A. (2013).

Dentro de las estrategias, se debe comenzar por el análisis de costos de producción de la semilla, el que se subdivide en cinco partes: i) la inversión de semillas, dentro de la cual se evalúan aspectos como la calidad, las variedades de quinua, la preservación y mejoramiento genético y la producción y acceso a semillas, que en muchas regiones puede ser costoso y limitado, ii) el costo de los fertilizantes, ya que el uso de nutrientes adicionales contribuye al crecimiento y desarrollo saludable de esta planta. Los fertilizantes orgánicos, como el compost y el estiércol, mejoran la estructura del suelo, aumentan la retención de agua y proporcionan nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, que son cruciales

para el desarrollo de la planta (Jacobsen, 2011), iii) la mano de obra que desempeña un papel crucial en la producción de la quinua, dado que las actividades agrícolas requieren trabajo humano en varias etapas del proceso productivo. En general, existen áreas donde la mecanización es limitada y la demanda de mano de obra puede ser alta, ya que muchas tareas se realizan manualmente. Por otro lado, en áreas donde se adoptan tecnologías y maquinarias modernas, como tractores y cosechadoras, la demanda de mano de obra puede ser menor (Bazile, 2015), iv) la maquinaria es importante porque la mecanización del proceso agrícola puede reducir la necesidad de mano de obra, disminuir los costos de producción y aumentar la capacidad de producción en comparación con las prácticas agrícolas tradicionales, v) el transporte, que juega un papel esencial en la cadena de valor, ya que conecta a los productores con los distribuidores, procesadores y consumidores finales de la quinua. El transporte eficiente y oportuno desde el campo hasta el mercado es crucial para garantizar la calidad y frescura del producto, así como para minimizar las pérdidas y el desperdicio durante el proceso (Wognum, Bremmers, Trienekens, van der Vorst, & Bloemhof, 2011).

Respecto a la investigación de mercados, es importante considerar los aspectos de oferta y demanda de la quinua. Analizando el equilibrio entre precio y cantidad a nivel local, nacional e internacional. También se debe considerar dentro de este punto el segmento de los consumidores, dado que la segmentación es esencial para desarrollar estrategias de *marketing* y distribución eficientes para los productores. La evaluación de ciertas condiciones de mercado como el número de competidores, las barreras comerciales así como la estructura dinámica del mercado tendrá una importante ponderación dentro de la mencionada investigación (Fuentes & Bhargava, 2011).

Para la generación de economías de escala y el *knowledge spillover* (derrame e intercambio de conocimiento) la colaboración entre productores en la industria de la quinua es crucial para mejorar la eficiencia, la calidad y la sostenibilidad de la producción, y para fortalecer la posición de los productores dentro de la cadena de valor de producción de la quinua (Winkel, et al., 2016).

La diversificación puede involucrar la creación de nuevos productos a base de quinua, la innovación en el procesamiento y la adaptación de productos existentes para satisfacer las necesidades y preferencias de diferentes segmentos de consumidores.

Respecto al valor de producto, la metodología resalta la importancia y el atractivo que tiene la quinua para los consumidores, así como a los beneficios económicos, sociales y ambientales que genera su producción y comercialización.

7.3. Importancia de la fijación de precios de la quinua

La quinua es un grano que posee propiedades nutritivas conocidas, cuyo consumo se ha vuelto cada vez más popular en todo el mundo. A medida que la cantidad demandada de este grano ha aumentado, la importancia del *Pricing* se ha vuelto más relevante para la industria (Castillo & Ramos, 2017). Es por esta razón que la fijación de precios toma tanta importancia en este capítulo. Dicha técnica permite fijar un precio que aporte valor al consumidor y genere beneficio para el productor, es decir, que logre un equilibrio entre el cliente y la rentabilidad de la empresa. Este precio influye en la percepción que tienen los clientes sobre el valor y la calidad del precio de la quinua, así como en su disposición a pagar (Bressani, 2016).

Es fundamental establecer un precio que sea interesante y cuyo equilibrio de mercado refleje los intereses tanto de los productores como de los consumidores de este grano (Mora & Aguilar, 2019). Eventos globales como la pandemia de COVID-19 han afectado considerablemente a la oferta y demanda agregadas y, por ende, han tenido un impacto negativo en el *Pricing* de la quinua. Los principales países consumidores han visto disminuida su cantidad demandada debido a la recesión económica y una pobre generación de empleos, lo que ha llevado a una caída mundial en el precio.

Sin embargo, existe la expectativa de que la demanda de quinua pueda ir recuperando gradualmente el terreno perdido en los próximos años a medida que la economía global vaya repuntando

en los países productores y los consumidores vayan tomando conciencia sobre los beneficios de este cereal, condicionando así sus gustos y preferencias e incrementando la cantidad demandada.

7.4. Perspectivas del precio de la quinua

Uno de los principales desafíos que enfrentan los productores de quinua es encontrar el equilibrio adecuado entre el precio y la calidad del producto. El precio puede variar significativamente en función de la región de producción, la calidad del grano y la demanda del mercado. Además, el *Pricing* también es importante para los consumidores de quinua; precios demasiado elevados pueden hacer que dejen de comprar el producto, mientras que los precios demasiado bajos pueden generar sospechas sobre la calidad de la quinua (Barria, 2018).

Por lo tanto, es importante que los precios sean competitivos y se ajusten a los estándares de calidad.

Además, el *Pricing* tiene un impacto directo en la estrategia de *marketing* y ventas de la quinua. Una estrategia de precios adecuada puede ayudar a posicionar a este cereal en el mercado y diferenciarla de la competencia, mientras que un precio incorrecto puede llevar a la pérdida de clientes potenciales y la disminución de ingresos para los productores y, por ende, para el país. Por otro lado, el precio de la quinua también puede verse afectado por factores como la oferta y la demanda de otros cultivos, las políticas gubernamentales, las condiciones climáticas y los cambios en los patrones de consumo.

El *Pricing* es fundamental para cualquier producto de exportación y esto incluye a la quinua debido a la volatilidad que lleva consigo el precio internacional. Muchas de las fluctuaciones se han debido a factores como las condiciones climáticas y los costos de producción en determinados países. Según datos de la Oficina de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el precio promedio de la quinua en el mercado internacional en el 2021 fue de alrededor de USD 2.480 por tonelada, lo que representa un aumento del 9% con respecto a 2020. Los modelos de pronóstico son utilizados principalmente como una de las herramientas para

realizar un *Pricing* efectivo, por lo que es importante estimar el precio de la quinua de manera oportuna para garantizar su disponibilidad y accesibilidad, identificando ciertas oportunidades de mercado y reduciendo la incertidumbre (Miranda & Zambrana, 2021).

7.5. Modelos de pronóstico del precio de la quinua

Las metodologías de pronóstico como LSTM (*Long Short-Term Memory*) y ARIMA (*Auto-Regressive Integrated Moving Average*) se han convertido en importantes herramientas para la estimación del precio de la quinua. La metodología LSTM es una técnica de aprendizaje profundo (*deep learning*) que permite el análisis y la predicción de una serie temporal, lo que la hace especialmente adecuada para la estimación del precio de la quinua, que puede variar considerablemente a lo largo del tiempo debido a factores endógenos (oferta y demanda) como exógenos (las condiciones climáticas, eventos bélicos, el calentamiento global y otros).

La ventaja de utilizar la metodología LSTM para la estimación de un precio en general radica en la capacidad para identificar tendencias y capturar patrones ocultos en los datos de la serie de tiempo, lo que puede conducir a predicciones mucho más certeras y, por tanto, una toma de decisiones más informada y racional en la industria de la quinua. Además, esta metodología puede procesar grandes cantidades de datos con mayor precisión y rapidez en comparación con otros métodos de estimación de precios dado que separa el set de datos en dos: data de entrenamiento (*trained data*) y data de prueba (*test data*).

La estimación del precio de la quinua con LSTM también puede proporcionar una ventaja competitiva a los productores y distribuidores de quinua al permitirles anticipar las fluctuaciones del mercado y ajustar sus estrategias de precios. En consecuencia, además de pronosticar la volatilidad del precio, esta metodología sirve de base para vaticinar cambios en los precios de contratos futuros de la quinua, decisiones de producción, distribución y comercialización, permitiendo a los productores maximizar la rentabilidad y mantener una posición ventajosa en el mercado (Condori & Guillen, 2018). A su vez, y para determinar la

metodología que tiene un mejor ajuste en la predicción del precio de la Quinua Real blanca, se utilizó ARIMA. Esta metodología se utiliza para pronosticar valores futuros de una serie de tiempo en función de sus patrones históricos, consta de tres partes: la parte autoregresiva (AR), la parte integrada (I), y la parte de media móvil (MA) La parte autoregresiva se refiere a la dependencia de la serie de tiempo en sus valores previos, la parte integrada se refiere a la diferenciación de la serie de tiempo para hacerla estacionaria y la parte de media móvil se refiere a la dependencia de la serie de tiempo en los errores de pronóstico previos (Pérez & Fuentes, 2020).

Es importante señalar que la elección entre las metodologías ARIMA y LSTM depende en su mayoría del tipo de datos de la serie de tiempo que se está estudiando, además de la complejidad del patrón de los datos, la cantidad de datos de entrenamiento disponibles, la varianza que tiene la data de entrenamiento y de prueba así como la precisión deseada en las predicciones (Zaremba, Sutskever, & Vinyals, 2014).

A continuación se elabora una tabla comparativa para conocer las ventajas y desventajas de estas metodologías:

Tabla VII.1: Comparación de metodologías LSTM y ARIMA

Característica	ARIMA	LSTM
Ventajas	Es una técnica estadística bien establecida y ampliamente utilizada para el pronóstico de series de tiempo.	Es capaz de capturar patrones complejos en datos de series de tiempo.
	Es relativamente fácil de entender e interpretar.	No requiere suposiciones explícitas sobre la estructura del modelo.
	Es menos propenso a sobre ajustarse a los datos de entrenamiento.	Es capaz de manejar múltiples entradas y salidas simultáneamente.

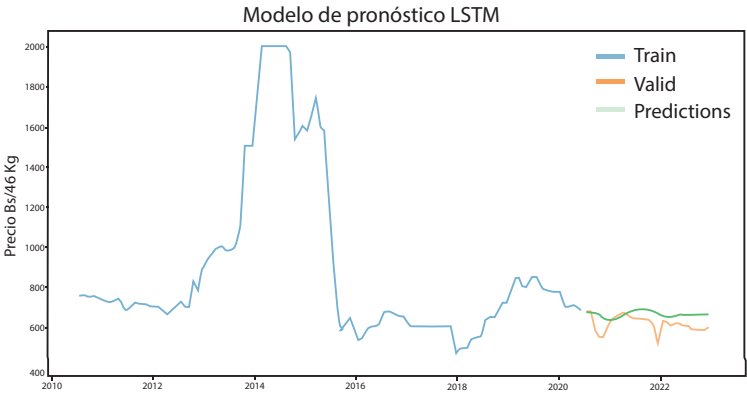
Desventajas	Es más adecuado para series de tiempo estacionarias y lineales.	Requiere grandes cantidades de datos de entrenamiento.
	No puede manejar patrones complejos o no lineales en los datos de series de tiempo.	Es más susceptible al sobreajuste a los datos de entrenamiento.
	Requiere que los datos de entrada sean preprocesados y transformados.	Puede ser más difícil de interpretar y analizar.
	No puede manejar fácilmente múltiples entradas y salidas simultáneamente.	Requiere más poder de procesamiento y tiempo de entrenamiento.

Fuente: Elaboración Propia en base a Zaremba, W., Sutskever, I., & Vinyals, O. (2014) y Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997).

Este cuadro orientativo hace una breve comparación entre estas dos metodologías, aunque cabe destacar que pueden existir otras que tengan mayor eficiencia a la hora de hacer un pronóstico, dependiendo de la cantidad y la calidad de datos que estén disponibles se realizará el pronóstico sobre el precio promedio mayorista de la Quinua Real blanca mensual desde julio 2010 hasta marzo 2023 mediante ambas metodologías para una posterior comparación. Estos datos fueron proporcionados por el Observatorio Agroambiental y Productivo (OAP) y el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT).

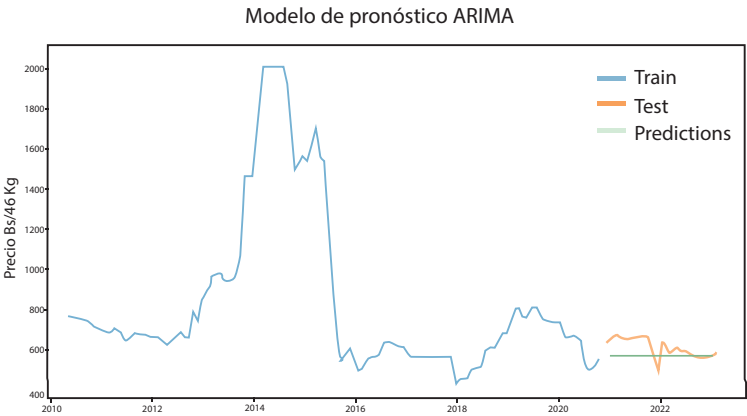
Dicho pronóstico mostró los siguientes resultados observados en el Gráfico VII.1 (pronóstico mediante LSTM) y el Gráfico VII.2 (pronóstico mediante ARIMA) respectivamente:

Gráfico VII.1: Pronóstico del precio de la Quinua Real mensual (Bs/46Kg)



Fuente: Elaboración Propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo y el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

Gráfico VII.2: Pronóstico del precio de la Quinua Real blanca mensual (Bs/46Kg)



Fuente: Elaboración Propia en base a datos del Observatorio Agroambiental y Productivo y el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

Mediante estas metodologías se observan pronósticos que comparten bastante similitud, dado que en un escenario optimista para los productores, el precio promedio pronosticado de la Quinua Real blanca mediante la metodología LSTM es de 671,22 Bs/46 Kg, mientras que, en un escenario más conservador, el precio promedio pronosticado de la Quinua Real blanca mediante la metodología ARIMA es de 593,54 Bs/46 Kg. Cabe destacar que estas predicciones son solamente indicativas, dado que existen factores de coyuntura dinámica tanto nacionales como internacionales, que pueden tener un gran impacto en las fluctuaciones de este precio en el futuro.

7.6. Discusión y conclusiones

La quinua ha experimentado un aumento significativo en popularidad en los últimos años debido a su valor nutricional y a su versatilidad. Aunque el precio de la quinua ha presentado fluctuaciones en el pasado y existen bastantes factores que pueden influir en el *Pricing*, se estima un aumento de la demanda global de alimentos saludables y sostenibles, lo que podría llevar a un aumento en la demanda de quinua.

Establecer un precio justo para la quinua es fundamental para garantizar la sostenibilidad y el crecimiento continuo de la industria, así como para mejorar la calidad de vida de los productores y las comunidades involucradas en su cultivo. A medida que más personas se interesan en seguir una dieta saludable y sostenible, la quinua se ha convertido en una opción atractiva para muchos consumidores. Por otro lado, la producción de quinua también ha aumentado en los últimos años, lo que podría conducir a una oferta más alta y un precio más bajo.

Visto desde otra perspectiva, la quinua está sujeta a la fluctuación de los precios internacionales de los alimentos, que a su vez están influenciados por factores como la oferta y la demanda, como condiciones climáticas, los precios del petróleo y otros *commodities*. Esto significa que el precio de la quinua puede presentar cierta volatilidad en el corto y mediano plazo.

Por otra parte, la incertidumbre geopolítica es otro de los factores que influye directamente en el precio internacional de los alimentos. Los eventos que generan *shocks* de mercado, como el conflicto entre Rusia y Ucrania, una pandemia o cualquier evento de inestabilidad socio-económica, generan mayor incertidumbre en el precio del mercado mundial de alimentos, así que se recomienda observar atentamente el contexto global y su relación con el precio de la quinua.

7.7. Referencias bibliográficas

Aerni, P., & Nichterlein, K. (2014). *Responsible Innovation in Industry: The Transformation of the Global Quinoa Market*. In Responsible Innovation. Springer, Dordrecht, 217-234.

Barria, P. &. (2018). Análisis y pronóstico de la demanda y oferta de quinua en Chile. Revista de Economía Agrícola, 47-59.

Bazile, D. B. (2015). *State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013*. CIRAD.

Bressani, R. (2016). Producción y comercialización de quinua en Bolivia. Revista de la Sociedad Química del Perú, 436-446.

Cabrerizo, A., Casanoves, F., & González, J. A. (2013). *Productivity and Energy Balance of Andean Crops in Relation to Altitude: A Comparison Between Quinoa, Potatoes and Maize*. Agricultural Systems, 25-34.

Castillo, R. ,., & Ramos, L. (2017). Modelación y pronóstico del precio de la quinua en la región de Puno, Perú. Revista Científica Agropecuaria, 23-31.

Condori, B., & Guillen, A. (2018). Predicción del precio de la quinua en Bolivia con el método de redes neuronales artificiales. Revista Boliviana de Investigación y Desarrollo de Informática y Sistemas, 13-22.

Fuentes, F., & Bhargava, A. (2011). *Morphological Analysis of Quinoa Germplasm Grown under Lowland Desert Conditions*. Journal of Agronomy and Crop Science, 124-134.

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). *Long Short-term Memory*. Neural Computation, 1735-1780.

Jacobsen, S. (2011). *The Situation for Quinoa and its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster*. Journal of Agronomy and Crop Science, 390-399.

Miranda, A., & Zambrana, S. (2021). Pronóstico del precio de la quinua en Bolivia mediante modelos de series temporales. Revista Científica de Ingeniería y Tecnología, 14-25.

Mora, F., & Aguilar, M. (2019). Análisis del mercado de la quinua en Bolivia: precios y producción. Revista Científica de Administración, Economía y Turismo, 8-17.

Pérez, V., & Fuentes, R. (2020). Análisis y pronóstico del precio de la quinua en Bolivia mediante modelos econométricos. Revista de Ciencias Empresariales y Económicas, 60-74.

Ruiz, K. B., Biondi, S., Ocampo, C., Martínez, E., Orsini, F., & Jacobsen, S. E. (2014). *Quinoa Biodiversity and Sustainability for Food Security under Climate Change: A Review*. Agronomy for Sustainable Development, 349-359.

Winkel, T., Bommel, P., Chevarría-Lazo, M., Cortes, G., Del Castillo, C., Gasselin, P., & Tourrand, J. F. (2016). *Panarchy of an Indigenous Agroecosystem in the Globalized Market: The Quinoa Production in the Bolivian Altiplano*. Global Environmental Change, 195-204.

Wognum, P., Bremmers, H., Trienekens, J., van der Vorst, J., & Bloemhof, J. (2011). *Systems for Sustainability and Transparency of Food Supply Chains – Current Status and Challenges*. Advanced Engineering Informatics, 65-76.

Zaremba, W., Sutskever, I., & Vinyals, O. (2014). *Recurrent Neural Network Regularization*. arXiv preprint, 23-29.

8.

HERRAMIENTAS DE FINANCIAMIENTO

Alejandro Vargas - Paola Alejandra Pereira - Kurt Manfred Jürgensen
Flores - Pablo Mendieta

Resumen

El sector agroindustrial de la quinua en Bolivia es una importante fuente de ingresos y empleo en el país. Sin embargo, muchas empresas enfrentan desafíos en términos de financiamiento para invertir en nuevas tecnologías, ampliar su capacidad productiva y expandirse a nuevos mercados. En este contexto, en el presente capítulo se exponen dos alternativas de financiamiento que pueden ser viables para estas empresas: el sistema de intermediación financiera y el mercado de valores; adicionalmente, en el Anexo III se presenta una alternativa adicional, el financiamiento mediante *Project Finance*.

El sistema de intermediación financiera es una alternativa de financiamiento que puede ser útil para empresas del sector agroindustrial de la quinua en Bolivia. Este sistema incluye diversas alternativas de crédito, como créditos productivos, créditos sectoriales para la infraestructura productiva, créditos sectoriales para granos y créditos para la sustitución a las importaciones y *forfeiting*. Cada uno de estos tipos de crédito tiene características específicas que pueden ser más o menos adecuadas para diferentes empresas. Por ejemplo, los créditos productivos pueden ser una buena opción para empresas que necesitan financiamiento para

la compra de maquinaria y equipos, mientras que los créditos sectoriales para granos pueden ser útiles para empresas que necesitan financiamiento para la compra de insumos.

El mercado de valores es otra opción de financiamiento a largo plazo que puede ser útil para empresas que tienen planes de expansión y necesitan un mayor capital. En el caso de Bolivia, las Sociedades Administradoras de Fondos de Inversión son las principales instituciones que canalizan el financiamiento a través del mercado de valores. Para acceder a esta alternativa, es necesario cumplir con ciertos requisitos previos, como el registro e inscripción del emisor y la estructuración y registro de la emisión. Además, las empresas que emiten valores en el mercado de valores tienen obligaciones específicas en términos de divulgación de información y transparencia. En cuanto a los tipos de valores que las empresas pueden emitir en el mercado de valores boliviano, se incluyen acciones, bonos y pagarés.

En resumen, el financiamiento para empresas del sector agroindustrial de la quinua en Bolivia es un tema importante que requiere de diversas alternativas, para elegir la opción más adecuada, es necesario tener en cuenta las características específicas de cada alternativa de financiamiento y evaluar cuidadosamente la viabilidad del proyecto.

Palabras clave: Intermediación financiera, mercado de valores, financiamiento, *Project Finance*.

Introducción

El sector agroindustrial de la quinua en Bolivia desempeña un papel fundamental en la generación de ingresos y empleo. Sin embargo, muchas empresas de este sector se enfrentan a desafíos significativos en términos de financiamiento para invertir en nuevas tecnologías, ampliar su capacidad productiva y expandirse hacia nuevos mercados. En este capítulo, exploraremos dos alternativas de financiamiento que pueden resultar viables: el sistema de intermediación financiera y el mercado de valores.

El sistema de intermediación financiera se presenta como una opción a considerar para las empresas del sector agroindustrial de la quinua en Bolivia. Este sistema comprende diversas alternativas de crédito, tales como créditos productivos, créditos sectoriales para la infraestructura productiva, créditos sectoriales para granos y créditos destinados a la sustitución de importaciones y al *forfeiting*. Cada una de estas opciones de crédito presenta características específicas que pueden resultar más o menos adecuadas según las necesidades de cada empresa. Por ejemplo, los créditos productivos pueden ser una excelente elección para aquellas empresas que requieran financiamiento para la adquisición de maquinaria y equipos, mientras que los créditos sectoriales para granos pueden ser útiles para aquellas empresas que necesiten fondos para la compra de insumos.

El mercado de valores constituye otra alternativa de financiamiento a largo plazo que puede resultar valiosa para las empresas que tienen planes de expansión y necesitan un mayor capital. En Bolivia, las Sociedades Administradoras de Fondos de Inversión son las instituciones principales a través de las cuales se canaliza el financiamiento mediante el mercado de valores. Sin embargo, acceder a esta opción requiere cumplir con ciertos requisitos previos, tales como el registro e inscripción del emisor y la estructuración y registro de la emisión. Además, las empresas que emiten valores en el mercado de valores boliviano tienen obligaciones específicas en cuanto a la divulgación de información y la transparencia. En términos de los tipos de valores que las empresas pueden emitir en el mercado de valores, se incluyen acciones, bonos, pagarés, entre otros.

Objetivos del capítulo

Uno de los principales objetivos es proporcionar información sobre el sistema de intermediación financiera y su importancia en el financiamiento de empresas y proyectos relacionados con la producción de quinua en Bolivia. Se explicará cómo funciona este sistema, qué instituciones financieras están involucradas y qué servicios ofrecen para facilitar el acceso a capital, también se analizan las ventajas y desafíos del financiamiento a través del sistema de intermediación. Otro de los objetivos se orienta en

explorar las oportunidades de financiamiento a través del mercado de valores, se examinará cómo las empresas pueden acceder al mercado de valores y emitir valores negociables, como acciones o bonos, para obtener capital. También se analizarán los beneficios y riesgos asociados con esta forma de financiamiento.

8.1. Financiamiento a través del sistema de intermediación⁵

8.1.1. Financiamiento para la producción de la quinua a través de créditos productivos

La producción de la quinua requiere de importantes recursos que puedan ser canalizados a los productores. El sistema financiero ofrece una variedad de formas de financiamiento con tasas reguladas y muy competitivas.

Prácticamente todas las entidades de intermediación financiera en Bolivia ofrecen financiamiento para la producción que es aplicable para la producción de la quinua. En el libro *La agricultura boliviana del Siglo XXI: la experiencia del tomate* (Jürgensen & Campos Arzabe, 2022) explican las condiciones de los créditos productivos para cualquier tipo de producto agropecuario.

La Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI, 2014) ha publicado en su página web el Decreto Supremo No. 2055 mediante el cual el gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia ha establecido claramente los límites máximos en las tasas de interés que las entidades financieras podrán cobrar por créditos productivos a nivel nacional para tres tipos de productores: i) micro, ii) pequeños y iii) medianos y grandes productores.

Las Normas de la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI, 2023) establecen que la categorización de los productores depende de tres factores: i) de los ingresos anuales por ventas, ii) del valor del patrimonio y, iii) de la cantidad de personal ocupado. Dicha norma utiliza un índice para la categorización de las empresas en el sector productivo en general. El índice se calcula de la siguiente manera:

⁵ Este apartado fue elaborado por MSc. Kurt Manfred Jürgensen Flores.

$$\text{Índice} = \sqrt[3]{\frac{\text{Ingreso por Ventas}}{35,000,000} \times \frac{\text{Patrimonio}}{21,000,000} \times \frac{\text{Personal Ocupado}}{100}}$$

La categoría de microempresa en el sector productivo es asignada cuando dicho índice se encuentra entre 0 y 0,035 inclusive. La categoría de pequeña empresa se asigna cuando el índice es mayor a 0,035 pero menor o igual a 0,115. La categoría de mediana empresa se considera cuando el índice es mayor a 0,115 pero menor o igual a 1. Se considera que se trata de una gran empresa cuando el índice es mayor a 1.

Las tasas reguladas para créditos productivos son:

- Una tasa máxima de 11,5% anual para micro.
- Una tasa máxima de 7% anual para pequeños.
- Una tasa máxima de 6% anual para medianos y grandes productores.

Los productores de quinua pueden acceder a dichas tasas máximas reguladas a través de cualquier entidad financiera que ofrezca créditos productivos ya que dichos máximos se aplican a todas las entidades financieras.

El crédito productivo para la quinua puede ser solicitado para capital de inversiones, es decir, para la compra de terrenos productivos, para la compra de maquinaria, equipos o herramientas, para la construcción de almacenes, depósitos u otro tipo de obras civiles y para la implementación de sistemas de riego. Asimismo, los créditos productivos pueden ser solicitados para capital de operaciones que permita financiar la compra de materiales, materias primas, e insumos y para las actividades de acopio de la quinua, su comercialización y el manejo sustentable de los suelos en la producción.

Un importante elemento para considerar es que las entidades financieras tienen la posibilidad de ofrecer distintos plazos y distintas formas de pago. Para elegir la forma de pago, los

productores deberán considerar el ciclo completo de producción de la quinua. La forma de pago debe ser idéntica al ciclo completo de producción.

Por las condiciones climáticas en el altiplano, la producción de quinua tiene un ciclo que abarca desde la época de lluvias que comienza en noviembre y se extiende hasta el invierno seco de junio y julio, meses que, por lo general, se destinan para el secado del grano al sol. Generalmente el ciclo de producción es de seis a ocho meses. Luego del ciclo productivo comienza la comercialización. Al ser el grano de quinua un producto seco, la comercialización podría demorar en promedio entre tres a seis meses. En climas más templados y con mayor cantidad de precipitaciones, el ciclo total productivo podría reducirse hasta a la mitad.

Tomando en cuenta el ciclo de producción y de comercialización de la quinua que en promedio es de un año en el altiplano, los productores requerirán financiamiento por todo el año desde la siembra hasta finalizar la comercialización completa. Es decir, si el ciclo completo es de un año, entonces la forma de pago de los créditos también deberá ser anual. De esta manera, los pagos a capital e intereses deberán coincidir con el momento en el cual se genera el máximo nivel de ingresos en el ciclo completo que por lo general será en la primavera austral, es decir en los meses de septiembre, octubre y noviembre.

La única restricción que ponen las entidades financieras es que la forma de pago no podrá ser superior a un año. Esto quiere decir que las cuotas que se pagan a la entidad financiera deben ser al menos anuales y en consecuencia el plazo productivo deberá ser de un año como máximo.

8.2. Créditos sectoriales para la infraestructura productiva

Los créditos sectoriales específicos para la producción de quinua orgánica que en años pasados fueron canalizados por el Banco de Desarrollo Productivo (BDP) a través de otras entidades financieras han sido recientemente suspendidos. Los productores que se beneficiaron de dichos préstamos en el pasado podrán continuar realizando sus pagos a capital e intereses toda vez que

la administración de dicha cartera aún está vigente pero ya no es posible el otorgamiento de nuevos créditos sectoriales específicos para la quinua orgánica.

Muchos de los productores que recurrieron a este tipo de créditos para la producción de quinua orgánica están actualmente presentando dificultades en la realización de los pagos pactados, principalmente a consecuencia de los descensos en los precios de la quinua. Para ellos es posible aún realizar una reprogramación de los créditos. El refinanciamiento consiste en extender el plazo que queda del crédito, es decir, volviendo a solicitar un nuevo plazo de diez años adicionales. Esta reprogramación tendrá el efecto de reducir el monto de cada cuota para que los productores con dificultades financieras puedan cumplir con mayor facilidad sus obligaciones con el sistema financiero.

Para productores que requieran nuevos préstamos, existen aún otros créditos sectoriales con condiciones similares. Tal es el caso del crédito sectorial para la infraestructura productiva.

El Centro de Investigación y Desarrollo Regional (CIDRE IFD, 2022) es una Institución Financiera de Desarrollo que actualmente ofrece créditos sectoriales para infraestructura productiva, que se emplean para financiar exclusivamente capital de inversión destinado a inversiones de largo plazo, por ejemplo para la construcción de un área productiva, compra de terrenos y para la refacción, modernización y ampliación de las áreas productivas existentes. Los productores de quinua podrán financiar a través de este mecanismo el 90% de su inversión total en infraestructura, teniendo que contar con el dinero para el 10% de aporte propio. Los recursos para estos créditos sectoriales provienen de los fideicomisos administrados por el Banco de Desarrollo Productivo (BDP SAM, 2023).

Las tasas de interés no podrán ser superiores a las tasas máximas descritas. En este sentido CIDRE IFD ofrece una tasa altamente competitiva del 11% anual para micro productores de quinua que puedan demostrar que son clientes de pleno y oportuno pago CPOP, es decir aquellos productores de quinua que pagaron sus obligaciones financieras en forma puntual y tuvieron un comportamiento de pagos impecable.

Asimismo, es posible reducir la tasa de interés hasta el 9,5% anual dependiendo de la calidad de las garantías que se ofrezcan. Por ejemplo, con garantías hipotecarias se podrá lograr tasa del 9,5% anual que es una de las más bajas y convenientes para micro productores de quinua. Asimismo, por tratarse de un crédito que financia la infraestructura, los propios activos que se adquirirán podrán constituirse en la garantía necesaria. Otras garantías aceptables son las personales que deberán ser solidarias, mancomunadas e indivisibles y también es posible presentar una mezcla de varios tipos de garantías.

El plazo máximo de estos créditos sectoriales para la infraestructura productiva es de 12 años, siendo este uno de los más largos que existe en Bolivia. Esto permite a los productores de quinua financiar los activos de infraestructura que tienen una vida útil de 12 años con un plazo de financiamiento que coincida con 12 años. Este calce perfecto en los plazos del activo y del pasivo permite a los productores de quinua pagar sus obligaciones con mayor facilidad.

Según CIDRE IFD, muchos de los productores que forman parte de la Asociación Nacional de Productores de Quinua (ANAPQUI), fueron los principales beneficiados en los últimos años con créditos sectoriales tanto para la quinua orgánica, para infraestructura y para granos. Dicha institución ha financiado hasta el momento más de Bs. 80 millones a un total de 900 productores de quinua y actualmente su cartera de este tipo de créditos sectoriales cuenta con aproximadamente 560 micro y pequeños productores de quinua que son clientes activos y recurrentes de esta IFD.

QR # VIII.1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a más información sobre créditos sectoriales para la infraestructura productiva ofrecidos por CIDRE.



8.3. Créditos sectoriales para granos y *warrant*

CIDRE IFD, 2022, también ofrece a los productores de quinua los créditos sectoriales para granos que utilizan los recursos provenientes de los fideicomisos administrados por el BDP. Estos créditos fueron diseñados especialmente para los productores de materias primas en granos y, por tanto, se aplican a los productores de quinua en grano.

Estos créditos se utilizan principalmente para financiar capital de operaciones, es decir, para recursos de corto y mediano plazo que se destinan al acopio de la quinua en grano, a la compra de insumos e inventarios necesarios para la producción, a los alquileres de todo tipo de bienes, maquinaria y equipos agrícolas y los gastos de comercialización.

Los plazos normales de los créditos de capital de operación oscilan entre dos a tres años. La tasa de interés no podrá ser superior a las tasas reguladas y las garantías especiales para este tipo de créditos son *warrant*, es decir, certificados de depósito y bono en prenda principalmente de los insumos e inventarios que se adquirirán mediante este tipo de financiamiento y que serán depositados en forma de prenda en los almacenes de depósitos denominados *warrant*. Conforme el capital de los créditos se va pagando, es posible ir retirando gradualmente parte de los insumos e inventarios otorgados en prenda que se van liberando de la garantía. Es por esta razón que los plazos del crédito deben estar de acuerdo con el tiempo en el que se utilizarán los insumos e inventarios otorgados en calidad de prenda. Es decir, si el financiamiento requerido es para financiar la compra de insumos que durarán un año, el plazo del crédito deberá ser de máximo un año.

La forma de pago en estos créditos deberá ser similar a la frecuencia de uso de los insumos e inventarios. Por ejemplo, si el uso de insumos es mensual, entonces los pagos deberán ser mensuales.

El grano de quinua que se va acopiando también podrá ser depositado en almacenes *warrant* y esto podrá constituir una buena garantía. Sin embargo, los plazos de los créditos con esta

garantía deberán ser cuidadosamente elegidos ya que de ninguna manera el plazo del crédito deberá ser mayor al tiempo total de la comercialización.

El tiempo que un productor requiere para la comercialización de la quinua es muy variado, ya que podría corresponder a: i) unas cuantas semanas, cuando la demanda de la quinua es alta y los canales de distribución y ventas son propios o están bien desarrollados y controlados, ii) unos cuantos meses, cuando la demanda de la quinua no es muy alta y los canales de ventas son de terceros y se requiere la intermediación y, iii) unos cuantos trimestres, cuando la demanda es baja, los canales de venta no están bien controlados y el mercado se encuentra saturado del producto. Si bien los productos secos, como la quinua, tienen una vida útil mucho más larga que los frescos y perecibles, su comercialización también requiere de periodos bastante más largos. Es por esta razón que el financiamiento de créditos para grano debe tomar en cuenta el tiempo total y real de la comercialización porque ese es el momento en el que la producción recién se convierte en dinero para pagar su financiamiento. Esta naturaleza propia de los granos secos de ser almacenables es la que hace posible también un financiamiento a través de *warrant*.

QR # VIII.2



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a mayor información sobre créditos sectoriales para granos ofrecidos por CIDRE.

8.4. Financiamiento para la industrialización de productos en base a quinua a través de créditos en Bolivia

Sin duda la mejor fuente de financiamiento que se puede lograr para la industrialización de productos en base a la quinua está relacionada con lo dispuesto mediante Decreto Supremo No.

4424 de fecha 17/12/2020 publicado en el sitio del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural, 2020, y que fue ratificado mediante Decreto Supremo No. 4509 y que forma parte de la normativa de la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero, 2021. Ambos decretos establecen el uso de fideicomisos para la reactivación y desarrollo nacional, cuyos fondos son utilizados para otorgar créditos productivos denominados SIBOLIVIA, con condiciones verdaderamente especiales para financiar la producción de alimentos como los productos en base a quinua destinados a la sustitución de importaciones.

Es importante recalcar que los productores que pueden beneficiarse de las tasas tan bajas de estos créditos deben producir bienes que sustituyan a las importaciones. La producción de quinua como materia prima por sí sola no califica como sustitución de importaciones ya que Bolivia es un importante exportador y definitivamente no es un importador de quinua.

Para acceder a este tipo de financiamiento, el producto final a comercializarse debe ser un sustituto de otro producto que normalmente se importe del exterior. Por ejemplo, la producción de harina de quinua sí sustituye las importaciones de otras harinas como la de trigo. En el mismo sentido, la producción de pastas, fideos y cereales de quinua y la de leche vegetal de quinua también califican para la obtención de créditos SIBOLIVIA.

Estos créditos de Sustitución de Importaciones son ofrecidos por el Banco de Desarrollo Productivo (BDP SAM, 2023). Las empresas industrializadoras de la quinua se pueden beneficiar de la tasa fija de 0,5% anual con plazos de hasta diez años.

Con créditos SIBOLIVIA se puede financiar capital de inversión, es decir, para la compra de equipos y maquinaria que permita la industrialización de la quinua y para capital de operación. Los créditos benefician a micro, pequeños, medianos y grandes productores sin distinción alguna.

En fecha 31/08/2022, el gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia dispuso mediante Decreto Supremo No. 4790 publicado en InfoLeyes Bolivia, 2022, el incremento del valor de los fideicomisos que se utilizan para continuar otorgando créditos SIBOLIVIA al sector productivo.

Asimismo, en fecha 14/02/2023, Los Tiempos publicó una nota mediante la cual confirma que el BDP desembolsó un total de 4.718 créditos SIBOLIVIA por un monto de USD 499,3 millones. De esta manera el sector productivo continúa beneficiándose de la tasa de interés más baja del mercado.

La empresa Quinua del Campo Sabor Andino es uno de los productores BDP que se ha beneficiado con este tipo de financiamiento para su producción de barras energéticas en base a quinua, cereales de quinua en pop y hojuelas. Sus principales proveedores son los productores asociados a ANAPQUI. Este es un buen ejemplo de una empresa que utiliza la materia prima de la quinua para industrializarla y crear productos con mayor valor agregado y que obviamente puedan ser considerados sustitutos de las importaciones, principal condición para poder acceder a créditos SIBOLIVIA.

QR # VIII.3



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a más información sobre créditos SIBOLIVIA ofrecidos por el BDP.



8.5. Fondo de Garantía FOGADIN

Mediante el Decreto Supremo No. 4470 de fecha 03/03/2021 que forma parte de las normas actualizadas de la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero, se dispuso la creación de un fideicomiso mediante el cual el Estado Plurinacional de Bolivia

establece el Fondo de Garantía para el Desarrollo de la Industria Nacional denominado FOGADIN para garantizar las nuevas operaciones de crédito para microempresarios con actividad en el sector productivo. Los micro productores de quinua en general tienen la posibilidad de acceder a esta garantía del Estado que tiene por objeto facilitar el acceso al crédito productivo o sectorial. Esta garantía beneficia únicamente a los micro productores, es decir, los pequeños, medianos y grandes productores no podrán beneficiarse de la garantía FOGADIN.

Tanto los créditos sectoriales como los créditos SIBOLIVIA aceptan garantías no convencionales, es decir, a través del Fondo de Garantía para el Desarrollo de la Industria Nacional (FOGADIN) que es una garantía del Estado Plurinacional de Bolivia para garantizar el otorgamiento de créditos para los micro productores por el 50% del valor de la deuda requerida.

El 50% restante del capital a financiarse deberá ser garantizado de alguna otra manera, por ejemplo, con garantías hipotecarias o prendarias. Los propios equipos que se adquieren para la industrialización de la quinua son suficiente garantía prendaria para este tipo de créditos.

QR # VIII.4



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a información sobre los Fideicomisos FOGADIN.

8.6. Financiamiento tipo forfeiting para exportadores de quinua

Un sistema altamente eficiente explicado por el Corporate Finance Institute (CFI, 2023) para financiar los requerimientos de capital de operación para los exportadores de quinua es el financiamiento

tipo *forfeiting* o *forfaiting* que tiene sus orígenes en Europa del este. En términos sencillos, el *forfeiting* es un sistema de financiamiento exclusivo del comercio exterior a través de la negociación de las cuentas por cobrar futuras.

El requisito fundamental para este tipo de financiamiento es que el exportador de quinua boliviano tenga suscrito un contrato de venta con algún comprador (importador) en el exterior. Dicho contrato dará lugar a una serie de facturas comerciales por cobrar futuras para el exportador que serán convertidas en pagarés aceptados por el importador y avalados por su banco en el exterior. Dichos pagarés podrían ser luego presentados al área de comercio exterior de un banco en Bolivia previa la firma de cada pagaré en señal de "renuncia irrevocable a la cobranza" de las facturas comerciales que dieron origen a los pagarés.

Los pagarés endosados se entregarán al banco boliviano. Después de la firma de un convenio con el exportador el banco podrá descontar el interés monetario del valor nominal de cada pagaré según su fecha de vencimiento. El valor presente de los montos nominales dará lugar al capital que se financiaría a través de esta modalidad. Es posible que el banco boliviano aplique un descuento adicional para cubrir costos y riesgos.

En algunos casos los pagarés podrían ser reemplazados por cartas de crédito para el perfeccionamiento de la operación de comercio exterior. Cada cuota del financiamiento vencería en la fecha de vencimiento de cada pagaré o carta de crédito. El importador en el exterior realizará los pagos de cada pagaré a través de su banco al banco boliviano.

Los importes recibidos serán aplicados primero a los intereses acumulados y el resto como amortización a capital de la deuda. Se espera que, al realizar el pago del último pagaré, toda la deuda esté completamente pagada. De esta manera el exportador podrá enfocar sus esfuerzos en la producción y en el cumplimiento de las condiciones y plazos de las exportaciones de la quinua ya que el pago de las cuotas de financiamiento será casi automático.

QR # VIII.5



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a más información sobre *forfaiting* en la página web del CFI.

8.7. Consideraciones finales sobre el financiamiento a través del sistema de intermediación

Al no existir ya el financiamiento a través del crédito sectorial para la quinua orgánica, los productores se ven obligados a tener que buscar fuentes de financiamiento generales para el sector productivo que apliquen a la producción de quinua. Los créditos sectoriales de infraestructura productiva y de granos son excelentes alternativas con bajas tasas de interés donde aplican las garantías FOGADIN para microempresarios.

Sólo los productores de quinua industrializada podrán beneficiarse de la tasa baja de 0,5% de los créditos SIBOLIVIA debiendo producir bienes de valor agregado que sean considerados como sustitutos de importaciones.

Aunque los bancos bolivianos no ofrezcan todavía el financiamiento a través del *forfeiting*, con un poco de ingenio y buena voluntad se podría llegar a replicar ese mismo sistema de financiamiento que podría beneficiar a muchos exportadores bolivianos.

Gracias a la diversidad de formas de financiamiento que existen en Bolivia con tasas reguladas y de costo muy razonable con condiciones accesibles, el grano andino de oro continuará con todo su esplendor alimentando y nutriendo a las familias bolivianas.

8.8. Financiamiento a través del mercado de valores⁶

El financiamiento a través del mercado de valores se constituye en una alternativa viable para las empresas del sector agroindustrial, particularmente para aquellas que participan en alguna de las etapas de la cadena de valor de la quinua. En el presente apartado se desarrollan conceptos fundamentales del sistema financiero, se describen las características de las principales instituciones que canalizan el financiamiento como son las Sociedades Administradoras de Fondos de Inversión y se exponen datos clave para apreciar el tamaño de las carteras y los diferentes Fondos de Inversión destinados al sector productivo.

Se desarrollan los requisitos previos para acceder al mercado de valores en Bolivia a través de ofertas públicas, entre las que se destacan: i) el registro e inscripción del emisor, ii) la estructuración y registro de la emisión y, iii) la colocación de los valores. Posteriormente se exponen las obligaciones para la emisión de valores sin oferta pública, precisando las etapas del proceso de emisión y las responsabilidades y requisitos de la empresa emisora y de los intermediarios involucrados.

Este acápite se complementa con una descripción de los tipos de valores que las empresas pueden emitir en el mercado de valores boliviano; se concluye puntualizando las ventajas y desventajas del financiamiento a través de estas alternativas.

8.8.1. Consideraciones preliminares

El sistema financiero es esencial para el funcionamiento de la economía global, ya que juega un papel crucial en la asignación eficiente de los recursos financieros. Los mercados financieros, por su parte, son imprescindibles al proporcionar canales a través de los cuales las empresas y los gobiernos pueden obtener financiamiento. Estos mercados son espacios donde se negocia una amplia variedad de activos financieros; siendo uno de los más importantes el mercado de valores, que permite a los inversionistas comprar y vender activos financieros como bonos, pagarés y

⁶ Este apartado fue elaborado por MSc. Paola Alejandra Pereira Soliz y Alejandro Vargas Sanchez, Ph.D.

acciones. En este mercado, los inversionistas tienen la oportunidad de ganar dinero a través de la compra de activos financieros a precios bajos y su posterior venta a precios más altos, y las empresas pueden obtener financiamiento mediante la emisión de valores.

El mercado de valores es una fuente importante de financiamiento para el sector productivo y la agroindustria del país. Este capítulo proporciona información sobre el financiamiento a través del mercado de valores en Bolivia, que incluye antecedentes relevantes, requisitos para acceder al mercado, tipos de valores y emisiones, el proceso de emisión, así como las ventajas y desventajas del financiamiento a través del mercado de valores.

El propósito de este apartado es ofrecer una visión general del mercado de valores, con la intención de brindar información útil para las empresas del sector de la quinua que busquen adquirir financiamiento a través de este medio, por tanto, el objetivo principal es describir de manera precisa el procedimiento que debe seguir una empresa del sector agroindustrial para obtener el financiamiento necesario.

8.9. Antecedentes del financiamiento al sector productivo y agroindustria a través del mercado de valores

8.9.1. SAFI y Fondos de Inversión

Las Sociedades Administradoras de Fondos de Inversión (SAFI) son sociedades anónimas que tienen por objeto único y exclusivo administrar Fondos de Inversión, cuyos accionistas podrán ser agencias de bolsa, bancos, compañías de seguros y otras autorizadas por la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI). Su patrimonio debe ser separado del patrimonio del fondo que administran (Vargas Sanchez, Ugarte Ontiveros, & Díaz Quevedo, 2021).

Establecen e implementan las políticas de inversión que persigue el fondo, realizando inversiones a discreción propia, a favor de los participantes y por cuenta y riesgo de los mismos. Las políticas de inversión son de conocimiento de los aportantes con anterioridad a su ingreso al fondo.

Los ingresos de las Sociedades Administradoras de Fondos de Inversión provienen de las comisiones que cobran a los aportantes por la administración del fondo.

¿Qué es un Fondo de Inversión?

La Ley del Mercado de Valores introduce el concepto de Fondo de Inversión, que es el patrimonio común autónomo, constituido por la captación de aportes de personas, denominadas inversionistas, para su inversión en valores de oferta pública, bienes y demás activos, por cuenta y riesgo de los aportantes.

Los Fondos de Inversión participan en el mercado de valores como inversionistas institucionales, constituyéndose en un importante canal del ahorro hacia la inversión. Asimismo, los Fondos de Inversión constituyen una alternativa para aquellas personas que deseen participar con sus ahorros en el mercado, permitiendo una mayor accesibilidad al mismo. Los Fondos de Inversión están compuestos por una sociedad administradora, denominada Sociedad Administradora de Fondos de Inversión, la cartera global de activos y por los aportantes (Vargas Sanchez, Ugarte Ontiveros, & Díaz Quevedo, 2021).

Las SAFI administran diferentes tipos de Fondos de Inversión, estos pueden ser:

- *Fondos de Inversión Abiertos (FIA) o Fondos Mutuos*, se caracterizan por tener un patrimonio variable en el que las cuotas de participación colocadas entre el público son redimibles o rescatables directamente por el fondo en cualquier momento, siendo su plazo de duración indefinido. De acuerdo con datos de la ASFI al 31/10/2022 existían 48 Fondos de Inversión Abiertos (Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero, 2023).
- *Fondos de Inversión Cerrados (FIC)*, se caracterizan por tener un patrimonio inicial determinado y una duración previamente establecida, siendo sus cuotas de participación colocadas entre el público no redimibles o rescatables

directamente por el fondo, salvo en las circunstancias y procedimientos dispuestos específicamente por sus reglamentos internos. De acuerdo con datos de la ASFI al 31/10/2022 existían 28 Fondos de Inversión Cerrados (Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero, 2023).

Los Fondos de Inversión están denominados en una de tres monedas: bolivianos, dólares americanos y Unidad de Fomento a la Vivienda⁷ (UFV).

8.9.2. Financiamiento al sector productivo y agroindustrial

De acuerdo con datos publicados por la ASFI al 31/10/2022 las SAFI administraban un total de 11 Fondos de Inversión con una cartera de aproximadamente 13.927 millones de bolivianos enfocada en el sector productivo y agroindustrial (que representa aproximadamente el 56,6% de la totalidad de los fondos administrados, sin embargo, corresponde aclarar que el porcentaje de cartera destinada a este sector dependerá de la política de inversión de cada fondo), en las siguientes Tablas VIII.6 y Tabla VIII.7 se presenta información detallada de cada uno de estos Fondos de Inversión que incluye el valor de la cartera y las tasas de rendimiento a un día y a 30 días:

QR # VIII.6



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a la tabla: Carteras y tasas de rendimiento de los Fondos de Inversión Cerrados en bolivianos (al 31/10/2022).

⁷ De acuerdo con el Banco Central de Bolivia (2017), “La Unidad de Fomento de Vivienda (UFV) es un índice referencial que muestra la evolución diaria de los precios y se calcula sobre la base del Índice de Precios al Consumidor (IPC) que publica el Instituto Nacional de Estadística (INE). La UFV fue creada mediante el Decreto Supremo 26390 de 8 de noviembre de 2001 y, por Resolución de Directorio del Banco Central de Bolivia N° 116/2001 de 20 de noviembre de 2001, se reglamenta su cálculo”.

QR # VIII.7



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a la tabla: Requisitos de importación para ingresar al mercado Europeo.

Otro de los casos más representativos de financiamiento al sector agroindustrial fue Agrooperativo Fondo de Inversión Cerrado administrado por Marca Verde SAFI, el monto de la emisión alcanzó a 437,5 millones de bolivianos, inició operaciones en noviembre de 2012 con vencimiento el 2021 (Marca Verde SAFI S.A., 2020).

8.10. Requisitos para acceder al mercado de valores en Bolivia

El primer paso para obtener financiamiento a través del mercado de valores es poseer la aprobación de la junta general de accionistas, que es el órgano máximo de la sociedad —o su equivalente para el caso de sociedades no constituidas como sociedades anónimas—. En esta instancia se manifiesta la decisión de obtener recursos financieros mediante la emisión de valores y se aprueban —o delegan—, las características generales que tendrá la futura emisión.

Posteriormente, el proceso se divide en tres grandes etapas: el registro e inscripción del emisor, la estructuración y registro de la emisión y, finalmente, la colocación de los valores. Todas estas etapas son llevadas a cabo junto con la agencia de bolsa contratada para el efecto (Bolsa Boliviana de Valores S.A., 2023).

8.10.1. Registro e inscripción del emisor

Para que una empresa pueda emitir valores de oferta pública, esta debe obtener la autorización e inscripción de la emisión y del emisor tanto en la Bolsa Boliviana de Valores S.A. (BBV) como en el Registro

del Mercado de Valores (RMV), el cual es un registro público a cargo de la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero (ASFI) donde se inscriben los intermediarios, emisores, valores de oferta pública y demás participantes del mercado de valores. Para poder inscribirse como Emisor de valores, las empresas deben cumplir una serie de requisitos según el tipo de institución, los cuales están establecidos en la Recopilación de Normas del Mercado de Valores (CAISA Agencia de Bolsa , 2023).

Por lo general, las empresas que desean inscribirse como emisoras suelen contratar los servicios de una Agencia de Bolsa, la cual brinda asesoramiento y acompañamiento durante todo el proceso de inscripción. El proceso de registro e inscripción en el RMV puede efectuarse simultáneamente con la inscripción en la BBV, siempre y cuando se proporcione la información requerida por ambas instituciones. Después de recibir la solicitud de inscripción, tanto la ASFI como la BBV verifican que toda la información solicitada esté completa y cumpla los requisitos.

Una vez que se cumple con todos los requisitos, la ASFI emite una Resolución Administrativa e inscribe al emisor. A su vez, la BBV registra a la empresa emisora y a partir de este momento la empresa puede solicitar la autorización y registro de oferta pública de valores para su negociación en la BBV.

Los requisitos han sido homologados entre el RMV y la BBV, y se encuentran clasificados en tres categorías: Información del Emisor, Información Legal e Información Financiera.

8.10.2. Estructuración y registro de la emisión

En esta etapa la agencia de bolsa contratada por el emisor prestará el servicio de diseño, elaboración, preparación y estructuración financiera de la emisión y de la oferta pública, para lo cual recabará la información necesaria para conocer las necesidades de financiamiento de la empresa y evaluar las condiciones para una posible emisión de valores.

Con la información recabada, la agencia de bolsa realizará un análisis de la situación financiera de la empresa, proyectará, evaluará las necesidades de financiamiento y realizará una propuesta preliminar sobre los instrumentos de financiamiento y sus condiciones que podrían satisfacerlas.

Sobre la base del trabajo realizado por la agencia y según las condiciones del mercado, juntamente con los representantes de la empresa, se definirá el instrumento a ser emitido (bonos, pagarés, acciones, etc.) y las condiciones de su emisión (monto, series, plazos, periodicidad de amortización, precio o tasa, etc.) que deberán estar planteados de tal manera que beneficien tanto a la empresa emisora como a los potenciales inversionistas.

Este proceso incluye la elaboración del prospecto de emisión. Si se tratase de una emisión de bonos o pagarés, esta etapa también incluirá la contratación de los servicios de una entidad Calificadora de Riesgos.

Para obtener la autorización de oferta pública, la empresa emisora debe cumplir con la presentación de la documentación e información detallados en los Requisitos para la inscripción en el RMV y, adicionalmente, deberá solicitar a la BBV el registro de la emisión de sus valores para su cotización en el mercado bursátil.

8.10.3. Colocación de los valores

Una vez obtenida la autorización de la oferta pública de parte de la ASFI y la respectiva inscripción de la emisión en el RMV, se efectuará la oferta pública y la consiguiente colocación de los valores en el mercado primario bursátil, que significa la venta de los valores a los inversionistas a través de los mecanismos de negociación de la BBV.

Una vez más, este proceso deberá ser realizado a través de una agencia de bolsa e incluirá la búsqueda de potenciales inversionistas y mercadeo de la oferta de valores (Bolsa Boliviana de Valores S.A., 2023).

8.11. Proceso de emisión de valores sin oferta pública en Bolivia

Existen diferentes caminos que pueden seguir las empresas para financiar sus operaciones a través de la emisión de valores en la Bolsa Boliviana de Valores S.A. En una primera instancia se mencionaron los requisitos necesarios para llevar a cabo una emisión de valores de oferta pública, y a continuación se revisará el proceso de emisión de valores sin oferta pública. En este último caso, los requisitos son mucho menores y el procedimiento es más sencillo, lo que significa que el acceso al financiamiento mediante este método es más accesible para las empresas que no cumplen con todos los requisitos para llevar a cabo una oferta pública o que están ingresando por primera vez en el mercado de valores.

La emisión de valores sin oferta pública, por lo general, tiene como inversionistas a patrimonios autónomos como los Fondos de Inversión administrados por las SAFI. Cuando se estructura un Fondo de Inversión, el reglamento debe establecer los criterios mínimos de elegibilidad que deben cumplir los emisores de los valores sin oferta pública, por lo general, incluyen: la pertenencia a un determinado sector económico, el tamaño de la empresa, requisitos legales (tales como NIT, escritura de constitución, registro de comercio, etc.), que cuenten con información financiera histórica (Estados Financieros auditados).

Para verificar que se cumple con estos criterios, el potencial emisor debe presentar un memorándum de información donde se describen los siguientes aspectos:

- Información de la empresa: rubro, principales productos, líneas de negocio, mercado, principales proveedores, principales competidores, detalle de accionistas, organigrama, perfil de los principales ejecutivos, análisis del entorno interno y externo.
- Información financiera: Estados Financieros históricos auditados (al menos tres gestiones), Estados Financieros internos actualizados (máximo con tres meses de antigüedad), detalle de pasivos financieros, necesidades

de financiamiento, Estados Financieros proyectados conforme al plazo del financiamiento.

- Información legal: acta de constitución, poderes de los representantes legales, licencias y permisos de funcionamiento, seguros contratados.

A partir de toda la información presentada, la SAFI verificará si la empresa cumple con los criterios de elegibilidad señalados en el reglamento de fondo y si las necesidades de financiamiento se adecúan a la política del fondo.

Una vez que se otorga la calidad de emisor de valores sin oferta pública, la empresa puede ofertar valores al Fondo de Inversión y se compromete a cumplir con algunas obligaciones como la remisión periódica de Estados Financieros y la comunicación de Hechos Relevantes.

Para realizar la oferta de valores sin oferta pública, la empresa debe remitir los siguientes documentos:

- Carta dirigida al administrador del Fondo de Inversión ofertando la emisión, donde se describan las características y condiciones de los valores ofertados.
- Documentos de emisión, que incluyen el acta de la junta de accionistas o el órgano competente para autorizar la emisión, los valores ofertados.
- Informe de calificación de riesgo (si corresponde).
- Garantías ofrecidas (reales, avales, boletas de garantías, prendarias u mecanismos de cobertura como fondos de liquidez).

La Sociedad Administradora debe evaluar la factibilidad de la inversión considerando los siguientes aspectos: i) si el valor ofertado se adecúa a las necesidades de financiamiento de la empresa y a la política de inversión del fondo, ii) el nivel de riesgo de la inversión y si el rendimiento de la inversión está acorde al nivel de riesgo y, iii) una verificación de que los documentos de emisión cumplen con los requisitos legales.

8.12. Tipos de valores que las empresas pueden emitir en el mercado de valores boliviano

El mercado de valores ofrece a las empresas diversas alternativas para obtener financiamiento a través de la emisión de valores. Las empresas pueden emitir acciones, bonos, bonos convertibles en acciones, pagarés bursátiles, entre otros. Cada uno de estos valores presenta características y ventajas particulares, por lo que es importante conocerlos para poder elegir la opción más adecuada para cada empresa. En este sentido, en los siguientes párrafos se caracterizarán los principales valores que las empresas pueden emitir en el mercado de valores boliviano, con el objetivo de brindar una visión general de las características y beneficios que ofrece cada uno de ellos.

8.12.1. Acciones

Representa una alícuota parte del capital social de una Sociedad Anónima. Existen acciones ordinarias y preferidas. Las acciones ordinarias o comunes son las que generalmente emiten las Sociedades Anónimas, otorgando a sus titulares todos los derechos que la Ley confiere a los accionistas. Estas acciones otorgan a sus titulares el derecho de participar de las Juntas Ordinarias y Extraordinarias, con derecho a voz y voto.

Las acciones preferidas son aquellas que establecen ciertos beneficios preferenciales o privilegios de orden económico (en lo relativo a los dividendos o a la preferencia en las cuotas de disolución). Estas acciones otorgan a sus titulares derecho a voz y a voto en las Juntas Extraordinarias y sólo derecho a voz en las Juntas Ordinarias.

Las acciones pueden ser emitidas al portador, a la orden o ser nominativas. Son libremente negociables en bolsa. El capital social de una empresa debe estar dividido en acciones de igual valor y estas deben tener un valor nominal de cien bolivianos o múltiplos de cien.

Las acciones pueden ser negociadas en oferta pública, previa autorización de la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero e inscripción en el Registro del Mercado de Valores (Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero, 2023).

8.12.2. Pagarés bursátiles

Un pagaré bursátil es una promesa incondicional por parte del suscriptor de pagar una suma determinada de dinero a su tenedor o portador en determinado plazo. Un pagaré puede estar avalado por una persona distinta a su emisor, que responde en forma solidaria en caso de incumplimiento por parte del emisor.

Un Pagaré Bursátil es un valor representativo de deuda de corto plazo que puede ser negociado en el Mercado de Valores, dentro del marco regulatorio establecido por la ASFI (Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero, 2023).

8.12.3. Bonos

Son valores emitidos por las empresas a rendimiento e incorporan una parte alícuota de un crédito colectivo constituido a cargo de la sociedad emisora. Son valores obligacionales representativos de deuda, por parte del emisor a favor del tenedor.

Son emitidos por las empresas, previa autorización de la Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero, mediante la Dirección de Supervisión de Valores.

Los bonos devengan intereses y son negociables en el Mercado Secundario (Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero, 2023).

8.13. Ventajas y desventajas del financiamiento a través del mercado de valores

8.13.1. Ventajas para la empresa emisora

El financiamiento a través del mercado de valores ofrece varias ventajas para las empresas emisoras, entre las cuales se destacan las siguientes:

- Acceso a una fuente de financiamiento más amplia: las empresas pueden obtener financiamiento de una base más amplia de inversores, incluyendo inversionistas institucionales e individuales, locales y extranjeros, lo que puede aumentar el potencial de recaudación de fondos.
- Costos de financiamiento más bajos: en general, el costo del financiamiento a través del mercado de valores suele ser más bajo que otras fuentes de financiamiento, como préstamos bancarios o emisión de bonos privados.
- Mayor visibilidad y prestigio: las empresas que cotizan en bolsa tienen mayor visibilidad y prestigio, lo que puede ayudar a mejorar su reputación y atraer una mayor cantidad de inversores.
- Flexibilidad: las empresas pueden emitir diferentes tipos de valores, como acciones, bonos y otros instrumentos financieros con distintas características, lo que les permite adaptarse a las necesidades específicas de financiamiento.
- Menor carga fiscal: el financiamiento a través del mercado de valores puede proporcionar beneficios fiscales, como deducciones por intereses y reducción en la carga tributaria, lo que puede ayudar a reducir el costo de financiamiento.
- Acceso a una fuente de financiamiento estable: el mercado de valores puede proporcionar a las empresas emisoras un flujo constante de financiamiento a largo plazo, lo que les permite planificar y ejecutar proyectos a largo plazo de manera más eficiente.

8.13.2. Ventajas para los inversionistas

El financiamiento a través del mercado de valores también ofrece varias ventajas para los inversionistas, como las descritas a continuación:

- Potencial de ganancias a largo plazo: los inversionistas pueden obtener ganancias a largo plazo de las inversiones en el mercado de valores, a medida que las empresas emisoras crecen y generan ingresos.

-
- Diversificación de la cartera: invertir en el mercado de valores permite a los inversionistas diversificar su cartera, lo que puede reducir el riesgo de pérdidas y aumentar el potencial de ganancias.
 - Acceso a una amplia gama de inversiones: como acciones, bonos, cuotas de Fondos de Inversión y otros instrumentos financieros, lo que permite a los inversionistas elegir las opciones que mejor se adapten a sus objetivos de inversión
 - Liquidez: el mercado de valores ofrece alta liquidez, lo que significa que los inversionistas pueden comprar y vender sus inversiones rápidamente a través de las agencias de bolsa.
 - Transparencia y acceso a información: las empresas emisoras deben proporcionar información financiera y otra relevante a los inversionistas, lo que les permite tomar decisiones de inversión informadas.
 - Posibilidad de influir en la empresa emisora: los inversionistas que poseen valores de una empresa emisora pueden participar en las reuniones de accionistas o asambleas de tenedores de valores y votar en las decisiones importantes, lo que les permite influir en el rumbo de la empresa.

8.13.3. Desventajas

Aunque el financiamiento a través del mercado de valores ofrece muchas ventajas tanto para las empresas emisoras como para los inversionistas, también tiene algunas desventajas, entre ellas:

- Costos asociados: el proceso de estructuración de emisión y oferta de valores puede ser costoso, lo que puede afectar el costo del financiamiento. Además, las empresas emisoras pueden estar sujetas a requisitos de divulgación y presentación de informes (como el de calificación de riesgo), lo que puede generar costos adicionales.
- Riesgo de fluctuaciones del mercado: las inversiones en el mercado de valores pueden ser volátiles y están sujetas a fluctuaciones del mercado, lo que puede afectar el valor de las inversiones.

- Requisitos regulatorios y legales: las empresas emisoras que cotizan en bolsa están sujetas a una serie de requisitos regulatorios y legales, lo que puede requerir tiempo y recursos para cumplir con las regulaciones.
- Presión para generar ganancias: las empresas emisoras pueden estar bajo presión para generar ganancias para los inversionistas, lo que puede limitar su capacidad para tomar decisiones a largo plazo.
- Impacto de eventos macroeconómicos: como las recesiones económicas o las fluctuaciones de las tasas de interés, pueden afectar el valor de las inversiones en el mercado de valores.

8.14. Consideraciones finales sobre el financiamiento a través del mercado de valores

Durante la última década el mercado de valores en Bolivia ha demostrado su capacidad para canalizar importantes recursos hacia el sector productivo y agroindustrial. Hasta el 31/10/2022, se contabilizaron 12 fondos de inversión enfocados en este sector, lo que evidencia el interés que ha despertado en los inversores.

Las empresas del sector agroindustrial tienen dos alternativas para acceder al mercado de valores: la oferta pública de valores o la emisión de valores sin oferta pública. En el primer caso, se deben cumplir varios requisitos detallados en la Recopilación de Normas del Mercado de Valores. Por lo general, se recomienda que la empresa contrate una Agencia de Bolsa para que brinde asesoramiento y acompañamiento durante todo el proceso.

En el caso de la emisión de valores sin oferta pública, los requisitos son menores y el procedimiento es más sencillo. Esto significa que el acceso al financiamiento mediante este método es más accesible para las empresas. Por lo general, bajo este tipo de financiamiento, se tiene como inversionistas a patrimonios autónomos, como los Fondos de Inversión administrados por las SAFI.

Entre los valores que pueden ser emitidos en el mercado de valores en Bolivia, se encuentran las acciones, los pagarés bursátiles y los bonos. Es importante mencionar que la decisión de acceder al financiamiento a través del mercado de valores debe ser cuidadosamente evaluada por las empresas emisoras, teniendo en cuenta las ventajas y desventajas que este tipo de financiamiento conlleva.

Entre las ventajas del financiamiento a través del mercado de valores, se encuentra el acceso a costos de financiamiento más bajos y mayor versatilidad en la estructuración de las emisiones. Sin embargo, también existen desventajas que deben ser consideradas, como los requisitos regulatorios y legales que deben ser cumplidos. Por lo tanto, es importante que las empresas evalúen cuidadosamente su situación financiera y las opciones disponibles antes de tomar una decisión. En resumen, el mercado de valores en Bolivia puede ofrecer una fuente importante de financiamiento para el sector productivo y agroindustrial, siempre y cuando se tomen en cuenta las características específicas de este mercado y se realice una evaluación cuidadosa de los beneficios y riesgos que implica su utilización.

8.15. Conclusiones

En conclusión, el sector agroindustrial de la quinua en Bolivia se enfrenta a desafíos significativos en términos de financiamiento, especialmente tras la eliminación del crédito sectorial para la quinua orgánica. Sin embargo, existen alternativas viables que las empresas pueden considerar para obtener el capital necesario.

Los créditos sectoriales de infraestructura productiva y de granos son opciones atractivas con bajas tasas de interés y la posibilidad de beneficiarse de las garantías FOGADIN para microempresarios. Estos créditos pueden proporcionar financiamiento para diferentes necesidades, desde la adquisición de maquinaria hasta la compra de insumos.

Además, los productores de quinua industrializada tienen la oportunidad de acceder a los créditos SIBOLIVIA, que ofrecen tasas de interés bajas del 0,5%. Sin embargo, para aprovechar esta opción, deben producir bienes con valor agregado que sean considerados sustitutos de importaciones.

Aunque los bancos bolivianos aún no ofrecen financiamiento a través del *forfeiting*, existe la posibilidad de explorar la replicación de este sistema de financiamiento mediante ingenio y buena voluntad. Esta alternativa podría beneficiar a muchos exportadores bolivianos en su búsqueda de capital.

En cuanto al mercado de valores, se ha demostrado su capacidad para canalizar recursos hacia el sector productivo y agroindustrial en Bolivia. Existen dos opciones para las empresas del sector agroindustrial: la oferta pública de valores y la emisión de valores sin oferta pública. Cada opción tiene requisitos específicos y es importante evaluar cuidadosamente cuál es la más adecuada.

El acceso al financiamiento mediante el mercado de valores puede ofrecer ventajas, como costos de financiamiento más bajos, pero también implica el cumplimiento de requisitos regulatorios y legales. Las empresas deben realizar una evaluación exhaustiva de su situación financiera y considerar las ventajas y desventajas antes de tomar una decisión.

En resumen, el sector agroindustrial de la quinua en Bolivia cuenta con diversas alternativas de financiamiento que pueden ser exploradas. Desde el sistema de intermediación financiera hasta el mercado de valores, existen opciones con tasas reguladas y costos razonables que pueden ayudar al crecimiento y desarrollo de las empresas. Es fundamental que las mismas evalúen cuidadosamente las características de cada opción y tomen decisiones informadas para garantizar un financiamiento efectivo y sostenible. Con estas opciones, el grano andino, la quinua, continuará alimentando a las familias bolivianas.

8.16. Referencias bibliográficas

Altman, E., & Bostford, J. (2003). *Project and Structured Financing: A Guide to Capital Market and Commercial Financing*. John Wiley & Sons.

Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero. (2021). Decreto Supremo No. 4470. Obtenido de https://www.asfi.gob.bo/images/MARCO_NORMATIVO/SERV_FINAN_/D.S._4470.pdf

Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero. (23 de marzo de 2023). Conoce el Mercado de Valores. Obtenido de <https://www.asfi.gob.bo/index.php/educacion-financiera.html>

Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero. (21 de marzo de 2023). Mercado de Valores - Boletines Estadísticos. Obtenido de <https://www.asfi.gob.bo/index.php/mv-estadisticas/mv-boletines-estadisticos.html>

Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero ASFI. (2014). *Decreto Supero No. 2055*. Obtenido de https://www.asfi.gob.bo/images/MARCO_NORMATIVO/SERV_FINAN_/DS_2055.pdf
Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero ASFI. (Mayo de 2023). Recopilación de Normas para Servicios Financieros. Obtenido de ASFI: <https://servdmzw.asfi.gob.bo/circular/textos/L03T02.pdf>

Banco de Desarrollo Productivo BDP SAM. (2023). Crédito para la Sustitución de Importaciones. Obtenido de <https://www.bdp.com.bo/tipos-de-fideicomisos-administrados-por-el-bdp-sam.html>

Bohnet, I. (2015). Project Finance. En *The Handbook of Infrastructure Investing* (págs. 49-67). Wiley Finance.

Bolsa Boliviana de Valores S.A. (23 de marzo de 2023). Procedimiento de Inscripción. Obtenido de <https://www2.bbv.com.bo/servicios-y-productos/financiamiento/procedimiento-de-inscripcion/>

Bolsa Boliviana de Valores S.A. (23 de marzo de 2023). Procedimiento para la emisión de valores y su colocación en la BBV. Obtenido de <https://www.bbv.com.bo/proced>

Brealey, R., Myers, S., & Allen, F. (2017). *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill.

Brealey, R., Myers, S., & Allen, F. (2018). *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill Education.

CAISA Agencia de Bolsa . (23 de marzo de 2023). Inscripción del Emisor. Obtenido de <https://caisaagenciadebolsa.com/emision-de-valores/inscripcion-del-emisor/>

CAISA Agencia de Bolsa. (23 de marzo de 2023). Requisitos de inscripción para emisores. Obtenido de <https://caisaagenciadebolsa.com/emision-de-valores/inscripcion-del-emisor/requisitos/>

CIDRE IFD. (2022). Crédito sectorial para granos. Obtenido de https://cidre.org.bo/wp-content/uploads/2022/07/Biptico_Granos-01.jpg

CIDRE IFD. (2022). Crédito sectorial para infraestructura productiva. Obtenido de https://cidre.org.bo/wp-content/uploads/2022/07/Biptico_infraestr-01.jpg

Cleary, E. (2013). *The Handbook of Project Finance: A Practical Guide for Managers and Lawyers*. Oxford Press.

Corporate Finance Institute CFI. (2023). *Forfaiting*. Obtenido de <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/commercial-lending/forfaiting/>

Damodaran, A. (2006). *Corporate Finance: Theory and Practice*. John Wiley & Sons.

Damodaran, A. (2010). *Applied Corporate Finance*. Hoboken NJ: Wiley.

Dufour, A. (2012). *Project Finance in Theory and Practice: Designing, Structuring, and Financing Private and Public Projects*. Academic Press.

Finnerty, J. (2007). *Project Financing: Asset-based Financial Engineering*. John Wiley & Sons.

Finnerty, J. (2008). *Project Financing: Asset-based Financial Engineering*. John Wiley & Sons.

Gatti, S. (2012). *Project Finance in Theory and Practice: Designing, Structuring, and Financing Private and Public Projects*. Academic Press.

Hiraoka, K. (2008). *Project Finance: A Legal Guide*. Sweet & Maxwell.

InfoLeyes Bolivia. (2022). Decreto Supremo No. 4790. Obtenido de <https://bolivia.infoleyes.com/norma/7889/decreto-supremo-4790>

Jürgensen, K., & Campos Arzabe, K. (2022). Financiamiento de la producción del tomate. En *La agricultura boliviana del siglo XXI: la experiencia del tomate*. Cochabamba: Universidad Privada Boliviana.

Kerzner, H. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling*. Hoboken NJ Wiley.

Lam, J. (2017). *Sustainable Project Finance and PPP: A Practical Guide*. Springer.

Los Tiempos. (2023). El BDP colocó 4718 créditos SiBolivia por Bs. 449,2 millones. Obtenido de <https://www.lostiempos.com/actualidad/economia/20230214/bdp-coloco-4718-creditos-sibolivia-bs-4992-millones>

Marca Verde SAFI S.A. (2020). *AGROOPERATIVO Fondo de Inversión Cerrado, Reglamento Interno*. La Paz.

Marca Verde SAFI S.A. (marzo de 2023). Informe Financiero de Agrooperativo FIC. Obtenido de https://drive.google.com/file/d/1-AK2MQyP1VRRwtE1Gw8CmQy7_A8TZFgc/view

Mertz, P. (2013). *Project for Construction and Infrastructure: Principles and Case Studies*. McGraw Hill Professional.

Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. (2020). Decreto Supremo No. 4424. Obtenido de https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/files/normativa_12345_21122020a2e9.pdf

Nash, D. (2019). *Project Finance in Theory and Practice: Designing, Structuring, and Financing Private and Public Projects*. Academic Press.

Noked, N. (2019). *Project Finance and Sustainability*. En *The Routledge Handbook of Sustainable Finance* (págs. 191-202). Jackson K, Thorne & L.A. Revene.

Peck, J. (2020). *Project Finance: A Legal Guide*. Oxford University Press.

SAFI UNIÓN S.A. (2020). PROQUINUA UNIÓN Fondo de Inversión Cerrado, Reglamento Interno. La Paz.

The World Bank. (marzo de 2023). *Structured Finance in Latin America: Channeling Pension Funds to Housing, Infrastructure, and Small Businesses*. Obtenido de <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/125381468045068501/structured-finance-in-latin-america-channeling-pension-funds-to-housing-infrastructure-and-small-businesses>

Triantis, J., & Chiarini, F. (2011). *Project Finance for Business Development*. Springer.

Vargas Sanchez, A., Ugarte Ontiveros, D., & Díaz Quevedo, C. (2021). El mercado de valores en Bolivia, Financiamiento, Inversión óptima y Análisis de resultados. La Paz, Bolivia: Bolsa Boliviana de Valores S.A.

Yescombe, E. (2018). *Project Finance, Botin Foundation Lecture*.
Obtenido de <https://www.botin.org/wp-content/uploads/2019/01/Project-Finance-Botin-Foundation-Lecture-2018.pdf>

Yescombe, E. (2018). *Public-private Partnerships: Principles of Policy and Finance*. Butterworth-Heinemann.

9.

BOLIVIA EN CADA GRANO: CULTURA, EDUCACIÓN Y PROMOCIÓN PARA SU CONSUMO

Isabel Avilés - Christian Chilo - Teresa Figueroa

Resumen

A pesar de los importantes beneficios nutricionales de la quinua y su gran valor cultural, especialmente para la cultura andina, su consumo en Bolivia sigue siendo bajo en comparación con otros países de la región. Para promover su ingesta y resaltar su origen, se propone realizar la campaña de comunicación y *marketing* que se ha bautizado como: “Bolivia en cada grano”, que tiene como objetivo destacar sus importantes valores nutricionales, versatilidad culinaria y procedencia de los andes bolivianos.

La estrategia de *marketing* y comunicación se basa en la creación de una identidad visual atractiva que represente parte de nuestra rica cultura andina y la naturaleza de Bolivia, así como desarrollar contenido digital informativo sobre los beneficios de consumirla y promover o elaborar nuevas recetas que la utilicen como ingrediente.

Palabras clave: Campaña, promoción, posicionamiento, *marketing*, consumo interno.

Objetivo

Brindar información específica de la Quinua Real boliviana y revalorizar sus atributos más importantes, para implementar una campaña de comunicación y *marketing*.

9.1. Tradiciones y prácticas culturales de la quinua

9.1.1. Antecedentes

La quinua es un cultivo valorado por sus importantes propiedades nutricionales y medicinales desde hace miles de años. A lo largo de la historia, ha sido considerada una planta sagrada y su cultivo es parte integral de la herencia andina.

La quinua es nativa de los Andes, donde ha sido cultivada durante más de cinco mil años. Se cree que es originaria de Perú, Bolivia y Chile, y fue domesticada por las culturas precolombinas que habitaban la zona. Los incas, en particular, la valoraban por su alto valor nutricional y su capacidad para crecer en terrenos montañosos y difíciles de cultivar (FAO, 2013).

En la época precolombina, era considerada sagrada y se la utilizaba en ceremonias religiosas y rituales. Los incas la llamaban la “madre de todos los granos” y era fuente de vida y energía. También tenía un papel importante en la alimentación de la población, ya que se la podía almacenar durante largos períodos de tiempo y se la utilizaba para preparar una variedad de platos, incluyendo panes, sopas y guisos (FAO, 1992).

9.1.2. Campaña de comunicación y marketing: “Bolivia en cada grano”

Tiene como objetivo promover el consumo de la Quinua Real, destacándose las siguientes características:

- Altos valores nutricionales, saludables y nutritivos.
- Versatilidad en la preparación de distintas recetas.
- Libre de pesticidas y agroquímicos (si es orgánica).
- Alimento libre de gluten (*gluten free*).

9.1.3. Definición del público objetivo

Se definió como público objetivo a:

- Niños, jóvenes y adultos que necesitan alimentarse con altos contenidos nutricionales.
- Chefs y restaurantes que elaboran platos con alto contenido de nutrientes y que se enfocan en destacar la rica herencia andina, especialmente en el consumo de alimentos sanos, nutritivos y sabrosos.
- Personas celíacas.
- Mujeres embarazadas o en período de lactancia.

9.2. Mensaje

“Bolivia en cada grano” se basa en los siguientes pilares:

- a. *Origen y calidad.* Destacar la procedencia al ser cultivada en suelos que le otorgan características nutricionales excepcionales.
- b. *Nutrición y salud.* Resaltar los beneficios como su alto contenido de proteínas, fibra, vitaminas y minerales esenciales. Además de contribuir a una alimentación saludable, equilibrada y libre de gluten.
- c. *Sostenibilidad.* Enfatizar el cultivo tradicional y sostenible, promoviendo su producción sin el uso de pesticidas (en el caso de la quinua orgánica) y su capacidad para ser producida en condiciones climáticas adversas.

9.3. Estrategias de marketing y comunicación

9.3.1. Identidad visual

- Crear un logotipo que utilice el *slogan*: “Bolivia en cada grano” junto con elementos visuales que representen la cultura andina y las características del producto.
- Utilizar colores vibrantes y cálidos para transmitir la energía y la vitalidad de la quinua boliviana.

9.3.2. Contenido digital

- Desarrollar un sitio web informativo y atractivo que destaque los beneficios, recetas y consejos de cocina relacionados con la Quinua Real.
- Crear perfiles en redes sociales para difundir contenido relevante, como recetas, testimonios de consumidores satisfechos y datos interesantes.

9.3.3. Medición de resultados

Implementar herramientas de seguimiento y análisis para medir el impacto de la campaña, como el tráfico del sitio *web*, el aumento de seguidores en redes sociales, el incremento de las ventas y las encuestas de percepción de los consumidores.

Al utilizar el *slogan* “Bolivia en cada grano”, esta campaña destacará la Quinua Real como un tesoro que refleje la rica cultura y tradiciones del altiplano boliviano.

9.4. Desarrollo de la propuesta de *marketing* y comunicación

Para desarrollar una propuesta de *marketing* y comunicación que contenga a todo el público objetivo y que cada acción, canal y mensaje sean adecuados, se ha desarrollado una matriz que permite visualizar de mejor manera la propuesta.

Tabla IX.1: Canales, mensaje y acciones de acuerdo al público objetivo

Público objetivo	Canales	Mensaje	Acciones
Niños	Educación escolar mediante artículos escritos y vídeos. Actividades interactivas en el empaque que contenga la quinua (recortes, figuras para pintar, sopas de letras).	- Producto representativo de Bolivia. - Altos valores nutricionales.	- Desarrollar actividades didácticas, lúdicas, enfocadas a la difusión y aprendizaje del valor nutricional de la quinua.

Público objetivo	Canales	Mensaje	Acciones
Jóvenes, adultos y grupos familiares	Redes sociales Actividades interactivas en el empaque que contenga la quinua (crucigramas, sopas de letra)	- Producto representativo de Bolivia. - Altos valores nutricionales.	- Piezas de difusión del alto valor nutricional de la quinua. - Difusión y socialización de recetas. - Concurso para la elaboración de recetas alternativas, mediante vídeos que se publiquen en RRSS. - Realización de sorteos y promociones en redes sociales para fomentar la participación de los usuarios.

Público objetivo	Canales	Mensaje	Acciones
Chefs	- Redes sociales - Eventos - Radio y televisión	- Altos valores nutricionales. - Producto representativo de Bolivia, calidad alta y posicionada en platos gourmet. - Producto versátil en la cocina.	- Demostraciones de preparación de recetas en vivo. - Retos para la creación de nuevas recetas. - Talleres de cocina para difundir recetas de platos alternativos elaborados con quinua. - Entrevistas, reportajes y documentales en los que se muestre la versatilidad de la quinua, su fácil preparación y la forma de cultivo de la misma, denotando que no contiene químicos.

Público objetivo	Canales	Mensaje	Acciones
Celiacos, personas en situación de desnutrición o que requieren mejorar la ingesta nutricional.	Folletería	- Quinua, alimento libre de gluten. - Altos valores nutricionales.	- Alianzas con instituciones de salud, como hospitales, centros de atención prenatal, postnatal y para niños, en los que se difunda información acerca del valor nutricional de la quinua e incluso se puedan preparar alimentos empleando la quinua para las personas internadas en estos lugares. - Creación de publicaciones informativas y atractivas sobre los beneficios para la salud y la dieta diaria, incluyendo imágenes y videos de recetas saludables que se pueden preparar con quinua. - Asesoramiento nutricional personalizado, con el objetivo de incluir la quinua de manera equilibrada y saludable en la dieta.

Fuente: Elaboración propia.

9.5. Estrategia de posicionamiento

Se establecen las siguientes estrategias de posicionamiento:

Las cualidades de la quinua deben establecerse claramente en el público objetivo.

Como parte del desarrollo de la estrategia de “Bolivia en cada grano”, se creará la ruta de la quinua, lo que permitirá lograr de mejor manera su posicionamiento.

Se podrá:

- Visitar los campos en los que se cultiva, para que los agricultores puedan conversar con los visitantes y comentarles la forma de cultivo (libre de pesticidas y agroquímicos).
- Experimentar el proceso de la cosecha.
- Preparar diversidad de platos que la tengan entre sus ingredientes: ancestrales/tradicionales, fusión —en los que se combina la preparación de antaño con la actual— y new generis, en la que chefs mostrarán nuevas formas de preparar, bebidas y postres preparados en base a quinua.

En el ínterin de la visita, y con el fin de convertir esa ruta en una experiencia turística/gastronómica que se posicione en la mente del consumidor, los chefs realizarán capacitaciones y darán charlas acerca de los beneficios del consumo de quinua.

Con la misma intención, se brindará la oportunidad de participar de esta experiencia a destacados *influencers* que informen las características del producto.

Realidad aumentada IX.1



Apuntando un dispositivo móvil a la señal podrá observar contenido relacionado con la lectura en realidad aumentada.

9.6. Estrategia de *branding*

Para complementar las acciones señaladas, se plantea la creación de una línea gráfica específica que acompañará la folletería, publicaciones en redes sociales, videos y principalmente una banda - etiqueta que contenga:

- Actividades interactivas
- Recetas
- Formas de cultivo

La idea de la creación de la etiqueta es brindar mayor información al consumidor. Los empaques que llegan tendrían esta banda genérica que envuelve al producto y, a modo de abrir la bolsa, se puede acceder a más detalles. Además, se busca crear una fuerza de trabajo conjunta entre varios productores, para que todos los interesados puedan usar una banda en sus bolsas, unir fuerzas en la difusión de información y fomentar el consumo de quinua en las familias.

Imagen IX.1: Propuesta de etiqueta genérica, cara delantera



Fuente: Elaboración propia.

La parte delantera de la banda contendrá información básica y la cara posterior se ampliará con datos de los valores nutricionales, como se muestra en la siguiente imagen:

Imagen IX.2: Propuesta de etiqueta genérica, cara trasera



Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, esta banda contiene información en su cara interior, es decir, al retirarla del producto, el consumidor podrá conocer el trabajo de las familias que labran la tierra y producen la quinua.

Imágenes IX.3 y IX.4: Propuesta de etiqueta genérica, caras interiores



El año pasado, en la comunidad campesina de Frasquia, a 115 kilómetros de la ciudad de La Paz y a más de 4.000 metros de altitud, Carmelo Flores, un anciano de manos acartonadas y 123 años –probablemente el más viejo del planeta–, desveló a la prensa el secreto de su longevidad y apareció hasta el aburrimiento en portales de Internet y buscadores de noticias. Su fórmula mágica –declaró– consiste en beber agua de un nevado próximo a su casa, remojar el cuerpo con alcohol que guarda en un bote con viboras cuando le duele algo y consumir abundantes habas, papas, cebada y quinoa.

Del Solar, considerada la madame de las recetas bolivianas, tiene más de una decena de libros publicados. Es una señora que suele vestir trajes elegantes. Usa a veces unos lentes de varilla que le dan aspecto de abuelita entrañable. Y presume de haber preparado quinoa para la reina Sofía. “Cuando vino por acá, la pedía a todas horas porque le fascina y es vegetariana. Yo no entiendo por qué los españoles se fijaron solo en la papa durante la conquista y no pusieron sus ojos en la quinoa y en sus cualidades. La papa es muy voluminosa y poco práctica;

la quinoa, todo lo contrario. De haberse descubierto antes, seguramente se habrían evitado en el pasado muchísimas hambrunas”.

Hoy, el complemento ideal para los cosmonautas es un artículo omnipresente en las tiendas de comercio justo, en supermercados gigantes como Carrefour y en las grandes cadenas de comida saludable. Se halla en un sinfín de formas: como grano, como harina, como pipoca, como gragea. Vive su mejor momento: ha llegado a rincones como Israel y Ucrania, y se promociona en otros como Corea del Sur y China. Según datos del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras de Bolivia, este país, el mayor exportador internacional de quinoa –por delante de Perú y Estados Unidos–, produjo el año pasado 95.000 toneladas y recaudó 153 millones de dólares, casi 50 veces más que hace una década. Su destino principal fue América del Norte; después, Europa.

Se calcula que apenas el 10% de lo que se produce en Bolivia se dedica al consumo interno. Y en Challapata, Trifón Choque, que ha asesorado a una infinidad de programas de cooperación y desarrollo, habla de una especie de maldición de la quinoa. “Por angustia, se ha roto el equilibrio. La gente ha comenzado a pelar por tierras para cultivarla y únicamente se le da importancia al billete. Pregunte a ver cuántos la cocinan a menudo y le dirán que pocos, solo cuando llega algún turista”.

Fuente: https://elpais.com/el-pais/2014/04/10/eps/1397142396_162148.html

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se busca crear y fortalecer un vínculo entre el productor y el consumidor. Que se valore no sólo el producto en sí, sino también el trabajo detrás del mismo.

Por otro lado, esta campaña se difundirá en diferentes redes sociales a modo de posicionar los tres pilares y el eslogan que se está planteando.

QR # IX.1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a una lista de recetas que contienen quinua.

Imágenes IX.5 y IX.6: Propuesta de imágenes para publicación en RRSS



Es el único alimento de origen vegetal que tiene todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos, vitaminas y minerales, particularmente fósforo, potasio, magnesio y calcio.

Bolivia
en cada grano

Fuente: Elaboración propia.

Además de mostrar familias bolivianas que consumen y reflejan lo buscado en la campaña.

Imágenes IX.7, IX.8, IX.9 y IX.10: Propuesta de imágenes para publicación en RRSS



Bolivia en cada grano

Quinoa
real boliviana



Bolivia en cada grano

Quinoa
real boliviana

Bolivia en cada grano

Quinua
real boliviana



Bolivia en cada grano

Quinua
real boliviana



Fuente: Elaboración propia.

QR # IX.2



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al Storyboard o video evolución de consumo de quinua.

9.7. Discusión y conclusiones

La quinua representa una importante fuente de alimentación y un tesoro cultural en la región andina, en especial la variedad Real originaria de Bolivia. Promover su consumo a nivel nacional a través de campañas de comunicación y *marketing* lo que contribuye a mejorar la nutrición de la población y valorar su origen andino. Asimismo, es fundamental generar conciencia sobre la importancia de preservar y respetar las tradiciones y prácticas culturales relacionadas con la quinua.

Mediante la campaña: “Bolivia en cada grano” se busca generar un alto sentido de pertenencia, que cada boliviano conozca las características, formas de preparación y costumbres que giran en torno a este alimento ancestral.

9.8. Referencias bibliográficas

Arnold, D. Y. (1992). Hacia un orden andino de las cosas. https://www.academia.edu/1637369/Hacia_un_orden_andino_de_las_cosas

Exitoso cierre del Año Internacional de la Quinua | FAO. (s. f.). Recuperado 26 de mayo de 2023, de <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/230470/>

Fundación de Biodiversidad Alimentaria, Quinua: una historia de injusticias y contradicciones. <https://doi.org/10.56116/cms.v61.n1.2021.28>

Jacobsen, S.-E. (2011). *The Situation for Quinoa and Its Production in Southern Bolivia: From Economic Success to Environmental Disaster*. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197(5), 390-399. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00475.x>

Ministerio de Relaciones Exteriores. (S.f.). Quinoa Andina: Un futuro sembrado hace miles de años, guía de exhibición. <https://www.cancilleria.gob.bo/webmre/sites/default/files/libros/14%20guia%20de%20exhibicion%20-%20castellano%20.pdf>. Recuperado 26 de mayo de 2023, de <https://www.cancilleria.gob.bo/webmre/sites/default/files/libros/14%20guia%20de%20exhibicion%20-%20castellano%20.pdf>

Orígenes e historia - *International Year of Quinoa 2013*. (s. f.). Recuperado 20 de junio de 2023, de https://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/origin-and-history/es/?no_mobile=1 Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1992). Recuperado 26 de mayo de 2023, de <https://www.fao.org/3/t0646s/t0646s.pdf>

10.

MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN DE LA QUINUA

Mónica Yaneth Cadena - Juan Pablo Córdova - Juan Carlos Durán
Rosmy Pol

Resumen

La quinua es un cultivo andino altamente nutritivo y popular en todo el mundo debido a sus importantes propiedades nutritivas y saludables. Sin embargo, el aumento en su demanda ha llevado a un incremento en los precios y a una intensificación del cultivo, lo que puede tener consecuencias negativas para la sostenibilidad a largo plazo del cultivo y su impacto en las comunidades locales, donde se produce. Además, la falta de diversificación en el cultivo puede aumentar la vulnerabilidad de los agricultores y la cadena de suministro a los riesgos climáticos y económicos.

A pesar de la conciencia y el reconocimiento mejorados de la quinua como un importante cultivo en la seguridad alimentaria mundial durante el Año Internacional de la Quinua Real en 2013, también hubo críticas sobre la comercialización y los precios que afectaron a las comunidades locales que dependen de ella como alimento básico. Por lo tanto, es importante que su producción y comercialización sea sostenible y beneficie tanto a las comunidades locales como a la economía global.

En Bolivia los principales entes gubernamentales están incentivando y promoviendo el consumo de quinua, especialmente entre los habitantes más desfavorecidos del país. Aunque aún hay un gran potencial de consumo interno, el proceso de difusión de su consumo es gradual. Los mismos productores son los principales consumidores de quinua en Bolivia, lo que ha permitido la difusión de su consumo a otras zonas y mercados urbanos.

En resumen, la popularidad y demanda creciente de la quinua ha puesto en riesgo su sostenibilidad y su impacto en las comunidades locales, por lo que es necesario asegurar una producción y comercialización sostenible que beneficie a todos los involucrados. Además, la promoción del consumo interno en Bolivia sigue siendo una prioridad para mejorar la seguridad alimentaria de los habitantes del país.

Palabras Clave: Origen, marco legal, mercado, comercialización, año internacional, derivados, mercados internacionales.

Introducción

La quinua es uno de los cultivos más importantes en Bolivia, no sólo por su valor nutricional y su versatilidad culinaria, sino también por su papel en la economía y la cultura del país. Este alimento, conocido por su alta cantidad de proteínas y su capacidad para crecer en condiciones climáticas extremas con poca agua, se ha ganado la atención mundial en los últimos años debido a sus propiedades saludables y sostenibles. De hecho, el 2013 fue declarado el Año Internacional de la Quinua Real por la Food and Agricultural Organization (FAO), lo que ayudó a aumentar su reconocimiento global. En Bolivia, la quinua es utilizada tanto como fuente de alimento y nutrición, así como de ingresos económicos para las familias productoras. Actualmente, Bolivia se ha consolidado como uno de los principales productores y distribuidores de quinua en América del Sur, con un mercado interno cada vez más amplio y diverso. En este contexto, la quinua se presenta como un alimento con un gran potencial para impulsar el desarrollo sostenible de Bolivia y mejorar la seguridad alimentaria de su población.

Por otro lado, en Europa y algunos países latinoamericanos, incluyendo a Bolivia, la Denominación de Origen (DO) es una práctica regulada por el ordenamiento jurídico interno, que fortalece la internacionalización de productos y la apertura de nuevos mercados. La DO se define como una denominación geográfica de un país, región o localidad que designa un producto originario y cuya calidad o características se deben exclusiva o esencialmente al medio geográfico, considerando los factores naturales y humanos. Aunque Bolivia no ha ratificado el Arreglo de Lisboa de 1958, que define la DO a nivel internacional, la legislación interna del país conceptualiza la DO de acuerdo con esa definición.

La combinación de la importancia de la quinua en Bolivia como cultivo destacado y la práctica de la Denominación de Origen puede resultar beneficiosa. La DO podría ser una herramienta para proteger y promover la quinua boliviana como un producto único y diferenciado en los mercados internacionales. Esto permitiría destacar la calidad y las características especiales de la quinua boliviana, brindando a los agricultores y productores una ventaja competitiva en la comercialización y promoviendo el desarrollo económico sostenible en el sector quinuero. Además, fortalecería la imagen de Bolivia como productor de quinua de alta calidad y reforzaría la valoración de la cultura y los conocimientos tradicionales asociados con su producción. En conclusión, la combinación de la importancia de la quinua en Bolivia y la aplicación de la Denominación de Origen podría ser una estrategia valiosa para impulsar la competitividad y la proyección internacional de este valioso cultivo.

Objetivos del capítulo

El presente texto abordará diferentes aspectos relacionados con la quinua, uno de los cultivos que ha ganado reconocimiento en los últimos años, debido a su impacto en la seguridad alimentaria a nivel mundial. En primer lugar, se evaluará la denominación de origen y el efecto de la conciencia y el reconocimiento de la quinua como un importante cultivo en la seguridad alimentaria global. Para ello, se revisarán los estudios más relevantes sobre el tema,

con el objetivo de comprender cómo la promoción de la quinua como un cultivo saludable y sostenible ha influido en la seguridad alimentaria a nivel mundial.

Además, se analizará tanto el mercado interno como el externo de la quinua. En el ámbito nacional e internacional, se estudiará la demanda, los precios y la oferta de quinua en distintos mercados. Se buscará identificar las tendencias y los desafíos que enfrenta este cultivo en la actualidad, con el fin de comprender su posición en el mercado y su viabilidad económica.

Un aspecto clave que se abordará es la diversificación en el cultivo de la quinua. Esta estrategia se ha vuelto fundamental para reducir la vulnerabilidad de los agricultores y de la cadena de suministro frente a los riesgos climáticos y económicos. Se explicará la importancia de diversificar el cultivo como medida para garantizar su sostenibilidad a largo plazo, considerando los cambios en el clima y las fluctuaciones económicas.

Por último, se describirá la comercialización de la quinua en los mercados internacionales. Se analizará cómo se lleva a cabo la comercialización de este cultivo en diferentes países, considerando aspectos como el transporte, la logística y los canales de distribución. Se examinará la forma en que se ha estructurado la cadena de suministro de la quinua, desde su producción hasta su llegada al consumidor final, teniendo en cuenta los requisitos y estándares internacionales.

10.1. Indicación de procedencia y Denominación de Origen (DO)

En Europa y algunos países latinoamericanos, incluyendo Bolivia, la Denominación de Origen (DO) es una práctica regulada por el ordenamiento jurídico interno, como un instrumento que fortalece la internacionalización de los productos y la apertura de nuevos mercados.

De acuerdo con Lizarazu (2014), resulta de suma importancia que los productos que compiten internacionalmente puedan contar con una cualidad diferenciadora que sea reconocida y salvaguardada garantizando que se trata de un bien único.

La DO se constituye en una estrategia de los sistemas de producción y comercialización de alimentos y artesanías, entre otros productos que sitúan las consideraciones sociales, culturales y ambientales en el centro de la cadena de valor, además de que las denominaciones de origen cumplan con un papel de protección, diferenciación de desarrollo regional o de estrategias para la comercialización en el contexto global (Barham y Sylvander, 2011).

El Arreglo de Lisboa de 1958⁸ define a la DO como aquella “denominación geográfica de un país, de una región o de una localidad que sirve para designar un producto originario del mismo y cuya calidad o características se deben exclusiva o esencialmente al medio geográfico, comprendidos los factores naturales y los factores humanos” (Arreglo de Lisboa, 1958).

Bolivia no ha ratificado dicho arreglo internacional, pero la legislación interna⁹, como veremos más adelante, conceptualiza la DO siguiendo aquella definición.

Como señala Molina (2018), la DO registrada en el marco de la legislación del país de origen (ya sea sistema *sui generis*, marca de certificación o colectiva) confiere exclusividad en el uso del nombre geográfico y el logotipo, impidiéndole que provoque confusión en el consumidor acerca del lugar de origen del producto o en los vinos que no provengan del área geográfica (veracidad del origen geográfico).

El régimen DO garantiza la veracidad del origen geográfico, la protección del nombre geográfico y del logo frente al uso indebido o fraudulento por parte de terceros. Este régimen puede beneficiar a las comunidades locales y aborígenes permitiendo la explotación

⁸ El Arreglo de Lisboa de 1958 es un tratado administrado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), vela por la protección de las denominaciones de origen (DO), p. ej. el vino de Burdeos, y su registro internacional.

⁹ Ley N°1.334, sancionada el 13/04/92.

comercial de los conocimientos tradicionales diferenciando sus productos mediante el uso de la DO, pero no protege directamente las prácticas y conocimientos tradicionales (OMPI, Folleto No. 1, 2016).

Los instrumentos utilizados para asegurar esta diferenciación se encuentran bajo el régimen de propiedad intelectual, que busca la protección y el reconocimiento de los creadores de marcas y patentes en el mercado (OMPI, 2020)¹⁰. En el grupo de signos distintivos se encuentran las indicaciones geográficas que, a su vez, se dividen en indicaciones de procedencia y denominaciones de origen, ambas diferencian unos productos de otros por el ámbito territorial (Lizarazu, 2014).

Como expresa el autor citado, la indicación geográfica significa el nombre de una región, un lugar específico, o en casos excepcionales un país usado para describir un producto agropecuario o alimentario. Dicho producto debe ser originado en esa región, lugar específico o país. Un ejemplo es el Champagne. Por su parte, la DO es un signo distintivo que permite identificar la calidad y reputación de un producto, relacionado con una zona geográfica determinada, comprendiendo factores naturales y humanos. A diferencia de las marcas, la titularidad la tiene el Estado y es quien autoriza el uso a los productores (Lizarazu, 2014).

La DO es utilizada principalmente en productos agrícolas y otorga reconocimiento a estos productos, puesto que reconoce que el bien tiene la calidad, características o reputación en virtud de la zona en la cual se origina, incluidos los factores naturales y humanos que intervienen en el proceso (Lizarazu, 2014).

¹⁰ La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) no otorga la denominación de origen de un producto agrícola. En general, la denominación de origen es otorgada por las autoridades nacionales o regionales encargadas de la protección de la propiedad intelectual en cada país.

10.2. Las ventajas de la utilización de las Denominaciones de Origen

Se puede encontrar algunas investigaciones sobre los beneficios que derivan de la Denominación de Origen. Espejel, Fandos y Flavián (2007), estudian la importancia de las DO como indicadores de calidad para el comportamiento del consumidor, como es el caso del aceite de oliva del Bajo Aragón. Los autores examinan la influencia de la denominación de origen en la percepción de la calidad del producto, que luego parece relacionarse directamente con la lealtad y con la intención de compra del consumidor, resultando visiblemente influyentes la importancia que los consumidores le dan a las condiciones de las materias primas, el territorio y el origen.

De acuerdo a Cambra y Martín (2009) las Denominaciones de Origen son un potencial para impulsar el sector empresarial, ya que apoyan la creación de empresas con normas certificadas generando mayor credibilidad en los consumidores y ayudando a incrementar fuentes de trabajo.

Por su parte, De la Torre, Fernández y Naranjo (2014), realizaron un estudio de caso asociando la oferta de turismo gastronómico existente a las Denominaciones de Origen, encontrando que el implementar una ruta gastronómica de exhibición de los productos tenía una directa relación con el incremento de la cantidad de turistas y, por ende, mayores ventas. En la misma línea, Peña y Muñoz (2015) señalan que los factores que asocian la calidad con los productos, abren espacios para una mayor atracción de turistas que deseen conocer los procesos de elaboración, apoyando a su vez a la elevación de ventas de otros productos alimenticios en la región.

También se ha documentado el crecimiento del sector turístico como consecuencia de las denominaciones de origen, ya que representan una oferta única, atractiva con productos distintivos, naturales y elaborados bajo estrictas normas de calidad; otorgando la posibilidad de visitar el lugar de origen del producto que, a su vez, puede mejorar las ventas de la región (Blanco y Herrera, 2011).

Según Martin (2019) la producción y el desarrollo regional son dos elementos primordiales promovidos por las DO, en tanto que involucran la elaboración, las características esenciales e impactan el proceso de venta y comercialización, teniendo efecto a su vez a nivel social, económico y ambiental.

De acuerdo a Vilches, Pérez, Toscano, y Macías (2020), el desarrollo regional es considerado como el proceso de crecimiento y revitalización equilibrado, integrado y autosostenible destinado a mejorar las condiciones de vida de la población local a través de cinco dimensiones: económica, sociocultural, política administrativa y medioambiental.

En Europa se ha calculado que el consumidor está dispuesto a pagar hasta un 20 o 30% más por un producto que porte la condición de DO frente a uno que no la tenga (Cafferata y Pomareda, 2009). En América Latina no se han encontrado datos que nos permitan contrastar estas cifras.

De acuerdo a la Guía de Denominación de Origen emitida por SENAPI y el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural de Bolivia (2021), el registro de una declaración de protección de una Denominación de Origen tiene las siguientes ventajas:

El producto goza de reputación a ojos de los consumidores y otros grupos de interés para las compañías, como inversores que fortalecen la misma producción.

- La calidad en la mayoría de las ocasiones se vincula al origen; que incluye en la percepción que el cliente tiene sobre el valor del producto.
- El producto tiene un valor agregado el cual adquiere en el proceso productivo, que se ve reflejado en el precio.
- Goza de calidad específica que le da la diferenciación de un producto con características especiales, que están relacionadas con su origen.

- Los productores bien organizados gozan de estos beneficios, al estar consolidados en Consejos Reguladores para el control de la línea de trazabilidad y así el producto no pierda la protección de una Denominación de Origen.
- Se otorga un nuevo valor a productos poco conocidos.
- Se crean expectativas favorables, incluso en el ámbito turístico.
- Existe confianza en el consumidor destinatario.
- Existe confianza y satisfacción del productor.
- Con en el refuerzo de una marca y buenas prácticas de distribución el producto se coloca en nichos de mercados exclusivos.

En síntesis, el agrícola es uno de los sectores que claramente puede verse impactado y beneficiado por la obtención de denominaciones de origen.

10.2.1. Marco legal de las Denominaciones de Origen en Bolivia

Las normativas que regulan la DO en Bolivia son: la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia (2009), la Decisión 486: Régimen común Andino sobre Propiedad Industrial (CAN, 2000), Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial (1883), el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el comercio (OMC-ADPIC, 1994) y el Reglamento de Procedimiento Interno de Propiedad Industrial (SENAPI, 2015).

Estas normativas establecen todo el procedimiento y requisitos para la obtención de un registro de DO.

La Ley No. 1334 (1992), define a la “Denominación de Origen” como el nombre geográfico de la región, cantón, comarca y/o localidad, empleado para designar un producto procedente de la vida, cuya calidad o características se deben esencialmente al medio geográfico donde se cultiva, y a una interrelación de factores naturales y humanos.

La Ley No. 232 de Propiedad Industrial y su Reglamento (2012), establecen los mecanismos para la protección de los derechos de propiedad industrial en el país. En lo que respecta a la DO, la Ley de Propiedad Industrial establece que puede ser protegida como una figura de propiedad industrial que identifica un producto originario de una zona geográfica determinada y que posee una calidad, reputación y otras características atribuibles exclusivamente a esa zona geográfica.

Además, la ley determina los requisitos y procedimientos para la obtención de la protección de la DO en Bolivia, que incluyen la presentación de una solicitud ante el Servicio Nacional de Propiedad Intelectual (SENAPI), la definición de la zona geográfica, la descripción de las características del producto y la justificación de su vínculo con la zona geográfica, entre otros requisitos.

El 8 de noviembre del 2001, mediante Decreto Supremo No 26391, se creó el Sistema Boliviano de Productividad y Competitividad con el objetivo de generar e implementar políticas tendientes a mejorar la productividad y competitividad del país y desarrollar el sector productivo utilizando una visión global y sistémica.

A su vez, con la participación de otras instituciones del sector público, empresarios y gremios, se firmó el documento de competitividad para la Cadena Productiva de la Quinua, donde se puso a consideración la definición de Denominación de Origen, como una zona geográfica determinada, la cuál es utilizada para identificar el origen de un producto cuya calidad, reputación u otras características se deben exclusivamente al medio geográfico en el cual se produce (Antelo, 2007). En el mismo documento se mencionaron las siguientes ventajas de la DO de la Quinua Real por parte de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (EFE 2019):

- El reconocimiento de la calidad.
- La protección del consumidor.
- La protección del productor.
- Tutela.
- Como signo distintivo.

- Derecho exclusivo.
- Propiedad colectiva.
- Protección del patrimonio, biodiversidad y la cultura tradicional y popular.

En este marco y en base de los acuerdos entre el sector productivo de la quinua y la Fundación AUTAPO, en el 2006 se estableció retomar el trabajo referente a continuar y consolidar la Denominación de Origen de la Quinua Real, para su reconocimiento formal por el Estado de Bolivia, y posteriormente buscar su equivalencia con otros países (F. AUTAPO, 2008).

Los requisitos y el procedimiento para la obtención de la DO se pueden encontrar en la Guía de Denominación de Origen publicada por el SENAPI y el Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural¹¹.

10.2.2. Denominación de Origen en Bolivia. Situación de la Quinua Real

La DO en Bolivia se concibe como un sistema de protección que permite a los consumidores tener la seguridad de que están comprando productos auténticos y de calidad, al tiempo que se protegen los derechos de los productores y se fomenta la conservación de los valores culturales y ambientales de una determinada región. En Bolivia, la Denominación de Origen se ha convertido en una herramienta importante para promover la producción sostenible de productos emblemáticos de la gastronomía y para garantizar su protección y promoción en el mercado nacional e internacional (SENAPI, 2021).

Según el reporte del SEI (Stockholm Environment Institute), realizado en la gestión 2020, la quinua es uno de los siete cultivos prioritarios de Bolivia debido a su potencial para contribuir al desarrollo rural. Según datos de la FAO (2019), Bolivia es el segundo productor de quinua del mundo después de Perú, con 67.000 toneladas producidas en 2017. En el altiplano, la quinua es el principal cultivo comercial y de exportación. De acuerdo

¹¹ Guía de Denominación de Origen | Servicio Nacional de Propiedad Intelectual (senapi.gob.bo)

a datos publicados por Rojas (2013), Bolivia también tiene la mayor biodiversidad de quinua a nivel mundial, con 6.721 de las 16.422 accesiones. La quinua es un cultivo versátil, con usos en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica.

El Estado boliviano está viabilizando la producción de quinua a través de varias políticas y regulaciones. En 2009 se publicó una política nacional para promover la quinua como cultivo productivo (MDRyT 2009), y en 2010 se publicó la estrategia nacional de la quinua (MDRyT 2010). En 2011, la Ley No. 098 declaró prioritaria la producción, industrialización y comercialización de la quinua en mercados nacionales e internacionales.

Se está fomentando especialmente el cultivo de Quinua Real, exclusiva del sur de Bolivia. Según el reporte del SEI (2020), sus cultivos abarcan una superficie de 10.000 hectáreas en las regiones de Oruro y Potosí. Una de las medidas de promoción ha sido establecimiento de un consejo regulador en el 2013 para obtener la Denominación de Origen¹².

La DO de la Quinua Real del altiplano sur se dispuso mediante Resolución Ministerial N° 001/2014 del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, la cual fue registrada ante el SENAPI. Esta resolución establece los requisitos específicos para la producción de Quinua Real en la región del altiplano sur y garantiza la calidad y autenticidad del producto. Esta DO protege y promueve la producción sostenible de la Quinua Real en la región, estableciendo estándares de calidad y de buenas prácticas agrícolas para garantizar la autenticidad del producto y la conservación de los valores culturales y ambientales de la zona.

La entidad encargada de otorgar la DO para la Quinua Real es el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), que es una entidad dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

¹² Información disponible en: <https://www.bing.com/search?q=consejo+regulador+en+el+2013+Bolivia+para+obtener+la+Denominaci%C3%B3n+de+Origen&qsn&form=>

Para obtener la DO para la Quinua Real, los productores deben cumplir una serie de requisitos, como la producción en áreas específicas del altiplano boliviano, el uso de técnicas tradicionales de cultivo y cosecha, la calidad del grano, entre otros.

Una vez que se cumplen todos los requisitos, el INIAF otorga la DO “Quinua Real del Altiplano Sur de Bolivia” y registra el producto en el registro nacional correspondiente. Esto garantiza que sólo los productores que cumplan con los requisitos establecidos puedan utilizar la denominación de origen en sus productos, lo que protege la calidad y autenticidad de la Quinua Real boliviana.

Asimismo, para obtener la DO, los productores de Quinua Real deben cumplir con ciertos requisitos y estándares de calidad establecidos por el IBNORCA, que tiene un rol importante en Bolivia en el proceso de otorgamiento y control de las denominaciones de origen.

Entre los requisitos que deben cumplir los productores se encuentran el uso exclusivo de semillas de Quinua Real en la producción, la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y la observancia de los estándares de calidad establecidos para la cosecha, el almacenamiento y el procesamiento.

Una vez otorgada la DO, el IBNORCA también participa en el control y seguimiento de los productos que la ostentan, mediante la realización de auditorías, inspecciones y análisis periódicos, con el fin de garantizar que se mantengan los estándares de calidad y autenticidad exigidos (SENAPI, 2021).

En resumen, en Bolivia la protección de la denominación de origen está regulada por la Ley de Propiedad Industrial y su reglamento, los cuales establecen los requisitos y procedimientos para la obtención de la protección de la DO. La Quinua Real ha sido protegida como denominación de origen mediante la Denominación de Origen de la Quinua Real del altiplano sur, establecida por el Estado boliviano en 2014.

10.2.3. Reconocimiento internacional de la Denominación de Origen de la Quinoa Real del altiplano sur

Actualmente no existe un organismo internacional específico que reconozca la Denominación de Origen de la Quinoa Real del altiplano sur de Bolivia. Sin embargo, existen algunos acuerdos internacionales y regionales que reconocen y protegen las denominaciones de origen en general, lo que puede ser relevante para la protección de la Quinoa Real de Bolivia.

Uno de los acuerdos internacionales más importantes es el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC) de la Organización Mundial del Comercio (OMC). El ADPIC reconoce y protege las denominaciones de origen, y establece que los países miembros deben proporcionar un nivel adecuado de protección para estas. Bolivia es miembro de la OMC y, por lo tanto, está obligado a cumplir con las disposiciones del ADPIC (OMC, 1994).

Asimismo, existen acuerdos regionales como el Acuerdo de Asociación entre la Unión Europea y los países de América Central, que incluye un capítulo sobre propiedad intelectual que establece la protección de las indicaciones geográficas, como las denominaciones de origen. En este acuerdo, se reconoce la importancia de proteger las indicaciones geográficas de los países asociados, incluyendo las de Bolivia (ADA, 2017).

Como pudo verse, también existen organizaciones internacionales que trabajan en la protección de la propiedad intelectual y las denominaciones de origen, como la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), que brindan asistencia técnica y capacitación en temas relacionados con la protección de las denominaciones de origen y otros aspectos de la propiedad intelectual.

En resumen, aunque no existe un organismo internacional específico que reconozca la Denominación de Origen de la Quinoa Real del altiplano sur, existen acuerdos y organizaciones

internacionales que reconocen y protegen las denominaciones de origen en general, lo que puede ser relevante para la protección de la Quinua Real de Bolivia.

10.3. Análisis crítico del Año Internacional de la Quinua Real 2013

El Año Internacional de la Quinua Real en 2013 fue una iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), para aumentar la conciencia y el reconocimiento de la quinua como un cultivo importante en la seguridad alimentaria mundial y en la lucha contra la desnutrición.

QR # X.1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a contenido adicional sobre la declaración del Año Internacional de la Quinua.

Un artículo publicado en la revista Food Policy en 2016 (Croppenstedt et al., 2016) analizó el impacto del Año Internacional de la Quinua Real en Bolivia. El estudio encontró que el año internacional había llevado a un aumento de los precios y mejorado la imagen de la quinua, lo que ocasionó una mayor comercialización y exportación, generando una disminución en el consumo local e inseguridad alimentaria en algunas regiones. De manera similar, el estudio de Bazile, D. et al., (2016), los autores explican que la quinua es un cultivo andino que ha sido promovido en los últimos años como un alimento saludable y sostenible en todo el mundo, gracias a su alto contenido de proteínas y nutrientes, así como a su capacidad para adaptarse a diversos climas y suelos. Debido a esto, el cultivo de quinua ha aumentado significativamente en los últimos años, principalmente en América del Sur y los Estados Unidos, pero también en Europa, Asia y África. Sin embargo, los

autores también destacan que este crecimiento no está exento de desafíos y limitaciones. El aumento de la demanda ha llevado a un incremento en los precios y a una intensificación del cultivo, lo que puede tener consecuencias negativas para la sostenibilidad a largo plazo del cultivo y su impacto en las comunidades locales. Además, la falta de diversificación en el cultivo puede aumentar la vulnerabilidad de los agricultores y de la cadena de suministro a los riesgos climáticos y económicos, también discuten el papel de las políticas y la regulación en la expansión del cultivo de quinua, y proponen estrategias para abordar los desafíos y maximizar los beneficios del cultivo en el futuro. Estas incluyen la diversificación de los cultivos, el desarrollo de cadenas de suministro más sostenibles y equitativas, la promoción de la investigación y la innovación en el cultivo de la quinua, y la integración de ésta en políticas alimentarias y de desarrollo sostenible a nivel nacional e internacional.

Asimismo, otro estudio publicado en la revista *Renewable Agriculture and Food Systems* en 2017 (Berti, et al., 2017), analizó la sostenibilidad de la producción de quinua en Perú, otro gran productor. El estudio encontró que la producción de quinua tenía un impacto positivo en la economía y la nutrición de las comunidades locales, pero que había desafíos en la sostenibilidad ambiental y la dependencia de los mercados internacionales.

En resumen, el Año Internacional de la Quinua Real en 2013 mejoró la conciencia y el reconocimiento de la quinua como un importante cultivo en la seguridad alimentaria mundial. Sin embargo, también hubo críticas sobre la comercialización y los precios que afectaron a las comunidades locales que dependen de ella como alimento básico. Es importante tener en cuenta que la producción y comercialización deben ser sostenibles y beneficiar tanto a las comunidades locales como a la economía global.

10.4. Comercialización de la Quinua Real: Mercado interno y externo

10.4.1. Comercialización interna

La Quinua Real es un alimento básico en la dieta boliviana y un tesoro culinario de la región andina. A pesar de ser ampliamente consumida en el mercado externo, su consumo interno aún no alcanza su potencial. En un artículo publicado en la revista Forbes Perú, Bolivia produce anualmente en promedio 61.000 t de quinua, de las cuales sólo 17.000 se consumen en el mercado local, mientras que 34.000 son exportadas, dejando una cantidad significativa sin un mercado claro.

QR # X.2



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a contenido adicional sobre la inauguración de una planta industrializadora de quinua en Bolivia.

No obstante, a través de los principales entes gubernamentales, se está incentivando y promoviendo el consumo de la quinua en Bolivia, especialmente entre los habitantes más desfavorecidos. Un esfuerzo notable es la inclusión de la Quinua Real en las raciones del desayuno escolar, tal y como se había previsto en las metas del Año Internacional de la Quinua. Aunque aún no se ha logrado incluir la cantidad esperada, el proceso es gradual.

La comercialización de la quinua en Bolivia se realiza principalmente a través de intermediarios, que compran la producción de los pequeños productores y la venden a empresas exportadoras o a procesadores locales. Estos intermediarios tienen un papel clave

en el proceso de comercialización, ya que son los que establecen los precios de compra y venta y los requisitos de calidad que deben cumplir los productores.

Sin embargo, la creciente demanda de quinua también ha generado preocupaciones sobre la sostenibilidad de la producción de este cultivo y sobre la equidad en la distribución de los beneficios entre los productores. Algunas organizaciones han denunciado que el aumento de la demanda ha llevado a una disminución en la disponibilidad para el consumo local, lo que ha aumentado su precio y ha dejado a las comunidades más pobres sin acceso a un alimento que tradicionalmente forma parte de su dieta.

En conclusión, la comercialización de la quinua en Bolivia se realiza principalmente a través de intermediarios que compran la producción de los pequeños productores y la venden a empresas exportadoras o procesadoras locales. La demanda de quinua en el mercado internacional ha llevado a una fuerte competencia entre los productores de diferentes países, especialmente Bolivia y Perú.

10.4.1.1. *Marketing interno*

La quinua ha sido durante mucho tiempo un alimento fundamental para la nutrición y subsistencia de las familias. En este contexto, los propios productores son los principales consumidores de quinua en Bolivia, lo que ha permitido la difusión de su consumo a otras zonas y a mercados urbanos.

QR # X.3



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a contenido adicional sobre la producción y mercado de la quinua en Bolivia del IICA.

En los últimos años, el consumo de la Quinua Real ha trascendido los límites de las zonas productoras y ha encontrado un mercado en las ciudades. Los consumidores urbanos han descubierto las propiedades nutricionales y culinarias de la Quinua Real, y la han incorporado a su dieta diaria, llegando incluso a considerarla un ingrediente *gourmet* en algunos casos. Esto ha llevado a su comercialización de diferentes formas y presentaciones y se puede encontrar en supermercados, tiendas de productos naturales y ferias de alimentos en todo el país.

La estrategia de *marketing* utilizada para promover el consumo de la Quinua Real parece estar centrada en la promoción de la marca Bolivia como origen de la quinua, y en su calidad nutricional y sabor único. Se destaca el carácter orgánico y sostenible de la producción de Quinua Real, lo que ha llevado a la obtención de certificaciones de calidad internacional.

En la actualidad, Bolivia está implementando diversas estrategias de *marketing* para comercializar su quinua en el mercado interno. Una de las principales es la promoción como un producto saludable y nutritivo. Para ello, se ha trabajado en la difusión de información sobre las propiedades nutricionales de la quinua y se han realizado campañas publicitarias que resaltan sus beneficios para la salud.

Otra estrategia que se ha implementado es la promoción de la quinua como un producto boliviano, destacando su origen andino y su importancia para la cultura del país. Esta estrategia se ha llevado a cabo a través de la promoción de la quinua en eventos culturales y festivales, así como en la creación de rutas turísticas que incluyen visitas a las comunidades productoras.

En cuanto a la estrategia de precios, se ha trabajado en la implementación de un sistema que permita a los productores obtener un precio justo por su producto, al mismo de introducir iniciativas que ayuden a los productores con su crecimiento. Esto se está logrando a través de la implementación de programas gubernamentales como el “Grano de Oro” que forma parte del Plan de Desarrollo Social y Económico (PDES) al 2025, que busca mejorar la producción y comercialización de la quinua en el país.

QR #X.4



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a contenido adicional sobre el plan de desarrollo económico y social 2021 - 2025.

En cuanto a los canales de distribución, la quinua se distribuye en el mercado interno a través de diversos canales, incluyendo los mercados locales, tiendas especializadas y supermercados. Además, se ha trabajado en la implementación de canales de distribución más eficientes, como la venta directa de los productores a los consumidores a través de ferias y mercados.

Por último, la promoción se ha llevado a cabo a través de diversos medios, incluyendo la publicidad en medios tradicionales como la televisión y la radio, así como en medios digitales como las redes sociales. También se han realizado eventos promocionales como degustaciones y concursos gastronómicos que buscan difundir el uso de la quinua en la cocina boliviana.

En conclusión, la comercialización de la quinua boliviana en el mercado interno implica la implementación de diversas estrategias de *marketing* que permitan dar a conocer las cualidades del producto y persuadir al consumidor de que lo adquiera. Actualmente, Bolivia está implementando diversas estrategias de *marketing* para comercializar su quinua en el mercado interno, destacando su valor nutricional, su origen andino y su importancia a nivel cultural.

La creación de productos derivados de la quinua también ha sido una estrategia utilizada para promover su consumo en el mercado interno. Empresas locales han desarrollado productos como cereales, barras energéticas, galletas y pasta de quinua, buscando diversificar la oferta de productos y atraer a un público más amplio.

Por otro lado, la quinua enfrenta algunos desafíos en su comercialización en el mercado interno ya que se la asocia en ocasiones con una imagen de producto para consumo exclusivo de personas con un poder adquisitivo alto, lo que puede limitar su consumo en sectores de la población con menor capacidad económica.

En este sentido, es importante destacar el valor cultural y nutricional de la quinua y difundir esta información a través de estrategias de *marketing* efectivas. Además, es fundamental fomentar la producción sostenible y la inclusión de las comunidades productoras en la cadena de valor, para garantizar un beneficio justo y sostenible para todos los actores involucrados en la producción y comercialización.

En conclusión, la comercialización de la quinua boliviana en el mercado interno desde el punto de vista del *marketing* implica la implementación de diversas estrategias que permitan posicionar el producto como una opción saludable, nutritiva, de origen andino y con un valor cultural significativo. La promoción del producto, la creación de sellos de calidad, la inclusión en programas gubernamentales de alimentación escolar y la diversificación de la oferta de productos derivados de la quinua son algunas de las estrategias utilizadas para comercializarla en el mercado interno. Sin embargo, se enfrentan algunos desafíos como la competencia con productos importados y la asociación de la quinua con un producto exclusivo para un segmento de la población. Es necesario seguir trabajando en el fortalecimiento de la producción sostenible y la inclusión de las comunidades productoras en la cadena de valor para garantizar un beneficio justo y sostenible para todos los actores involucrados.

10.4.2. Comercialización externa

La demanda de quinua ha aumentado significativamente en todo el mundo, lo que ha llevado a una mayor producción y exportación. De acuerdo con los entes gubernamentales en un artículo publicado en el portal Bolivia Emprende, el mercado mundial de la quinua es de aproximadamente USD 13.000 millones, lo que refleja su gran atractivo y potencial en el mercado global.

QR #X.5.



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a contenido adicional sobre la quinua con valor agregado en el mercado estadounidense.

En los mercados internacionales, la Quinua Real boliviana es apreciada por su sabor, calidad y valor nutricional. Los consumidores buscan cada vez más productos alimentarios saludables, sostenibles y de alta calidad, y la Quinua Real cumple con todos estos criterios. Además, este alimento es especialmente atractivo para los consumidores que buscan opciones orgánicas y vegetarianas, ya que es una excelente fuente de proteínas vegetales.

Para asegurar la calidad y la seguridad alimentaria de la quinua, existen normas y regulaciones que deben cumplirse durante todo el proceso de producción y comercialización. El Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG) es la entidad encargada de supervisar el cumplimiento de estas normas, que incluyen requisitos de calidad, inocuidad, trazabilidad y certificación.

Una de las estrategias más importantes en la comercialización de la quinua boliviana en el extranjero es el enfoque en la calidad del producto. La quinua se considera una de las mejores variedades del mundo debido a su sabor, textura y valor nutricional. Los productores bolivianos han trabajado arduamente para mantener la calidad de su producto y han logrado obtener certificaciones internacionales de calidad como la Certificación de Calidad Orgánica USDA, la Certificación de Comercio Justo y la Certificación de Agricultura Ecológica de la UE.

QR #X.6



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a contenido adicional sobre las oportunidades para la comercialización de quinua a nivel mundial.

El enfoque en la calidad del producto se complementa con una estrategia de marca que se ha desarrollado para promover la quinua en el extranjero. El gobierno ha establecido diferentes iniciativas para promover la quinua boliviana como un producto *premium* en el extranjero.

Otra estrategia importante en la comercialización de la quinua es la promoción de su valor nutricional. La quinua se ha ganado la reputación de ser un superalimento debido a su alto valor nutricional y beneficios para la salud. Se ha demostrado que es una fuente rica de proteínas, fibra y vitaminas, y también contiene una serie de antioxidantes y nutrientes esenciales. Los productores bolivianos han utilizado estos beneficios para promocionar su producto en el extranjero y han trabajado con nutricionistas y chefs para elaborar recetas y productos que muestren cómo la quinua puede ser una parte deliciosa y nutritiva de una dieta saludable.

QR #X.7



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a contenido sobre: La quinua orgánica real es el ingrediente del año.

Además de la promoción del valor nutricional, otra estrategia importante en la comercialización de la quinua boliviana es la promoción de su origen (se ha logrado esta denominación en la CAN y se busca hacerlo en USA y UE) y la historia detrás del cultivo. La quinua ha sido un alimento básico en la dieta andina durante siglos y ha sido cultivada por las comunidades indígenas de los Andes. Los productores bolivianos han trabajado con organizaciones de desarrollo y turismo para promocionar la quinua como un producto que no sólo es saludable y nutritivo, sino también culturalmente significativo.

Otra estrategia importante en la comercialización de la quinua es la diversificación del producto. Los productores bolivianos han desarrollado una amplia gama de productos de quinua, incluyendo harina, fideos, cereales y barras de proteínas.

La diversificación del producto ha permitido a los productores llegar a diferentes segmentos de mercado y ha aumentado la demanda de quinua en el extranjero.

En cuanto a los canales de distribución, la quinua se comercializa en el extranjero a través de diferentes canales, incluyendo ventas directas a través de intermediarios y tiendas en línea. Además, se han establecido programas de comercio justo que garantizan un precio justo para los productores bolivianos.

10.4.2.1. *Marketing externo*

A nivel internacional, la estrategia de *marketing* se enfoca en la diferenciación del producto a través de su origen y calidad, buscando promover la marca Bolivia como sinónimo de Quinua Real de alta calidad. Se busca promocionar la Quinua Real boliviana como una alternativa más saludable y sostenible a otros alimentos, especialmente en mercados donde existe una mayor conciencia nutricional.

A pesar de que Bolivia cuenta con un producto de alta calidad, todavía enfrenta numerosos desafíos en cuanto a establecer una cadena de comercialización sólida y eficiente. Los competidores regionales, en particular Perú, están fortaleciendo su presencia y

promoviendo sus productos con mayor intensidad. En este sentido, es crucial que el país brinde los recursos necesarios para permitir a los productores bolivianos competir en igualdad de condiciones. En consecuencia, se requiere una estrategia sólida para mejorar la cadena de suministro y la comercialización de los productos bolivianos en el mercado internacional.

10.5. Promoción de exportaciones de Quinua Real

La promoción de exportaciones está tradicionalmente dirigida a los productores de Quinua Real con la finalidad de desarrollar credibilidad y confianza en ellos, aspectos que les permitan mirar mercados internacionales (Paredes, G. M., 2021). Asimismo, está orientada a que los empresarios puedan participar en ferias con la finalidad de conseguir relacionarse con importadores y con personas que ya están exportando (Paredes, G. M., 2021). Por lo tanto, la finalidad de la promoción de exportaciones es animar a los futuros exportadores a encarar con éxito los complejos procesos de exportar.

Las exportaciones son traducidas como la venta de productos y servicios nacionales a mercados internacionales (Hernández, 2000). Este autor manifiesta que lo primero que se debe identificar son los productos que son aptos para la exportación, el nivel de aceptación que tendrán en el extranjero, la capacidad de producción y la posibilidad de incrementar esta capacidad. Además, los recursos financieros y la búsqueda de nuevas fuentes de financiamiento son de mucha importancia. Otros factores importantes son los fletes que se emplearán para garantizar los estándares de calidad internacionales y el conocimiento de las capacidades permitidas de exportación (Hernández, 2000).

Adicionalmente, las exportaciones presentan dimensiones. La primera es *volumen*, que es definida como las cantidades que se miden por magnitudes físicas y que se expresan en números por unidades de medida, longitud, peso o volumen (Radebaugh, Daniels y Sullivan, 2013). La segunda dimensión es el *valor*, que es el dinero que se expresa en diferentes monedas, pagado o por pagarse y que es establecido por la oferta y la demanda del mercado internacional (Radebaugh, Daniels y Sullivan, 2013). La

tercera dimensión es *precio de exportación*, que se define como la suma de dinero que se paga por cada unidad de producto, ya sea este un bien o un servicio (Radebaugh, Daniels y Sullivan, 2013). Cabrera (2014) menciona adicionalmente a la Logística Internacional como un elemento esencial en el proceso de exportación.

Entre las leyes y decretos que norman los procesos de promoción de exportaciones de quinua en el país se tienen las siguientes (López, 2022):

- Bolivia: Ley No. 98 del 22 de marzo de 2011. Decreta: "DECLARAR DE PRIORIDAD NACIONAL LA PRODUCCIÓN, INDUSTRIALIZACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LA QUINUA EN LAS REGIONES PRODUCTORAS DEL PAÍS". Esta ley tiene como uno de sus objetivos principales el contribuir a la producción, industrialización y comercialización comunitaria de la quinua.
- Ley No. 144, del 26 de junio de 2011 "LEY DE LA REVOLUCIÓN PRODUCTIVA COMUNITARIA AGROPECUARIA". Esta ley tiene como objetivo el normar el proceso de la Revolución Productiva Comunitaria Agropecuaria para la soberanía alimentaria.
- Bolivia: Decreto Supremo No. 1927 del 13 de marzo del 2014. Este decreto tiene por objeto la reglamentación de la Ley 395, del 26 de agosto de 2013 para la implementación y funcionamiento del Centro Internacional de la Quinua (CIQ). Entre sus atribuciones está el establecimiento del sistema de información relacionado a la producción, industrialización y comercialización de la quinua y especies afines.
- Bolivia: Decreto Supremo No. 3765 del 2 de enero de 2019. Este decreto tiene por objeto autorizar al Ministerio de Economía y Finanzas Públicas a realizar el aporte de capital a la Empresa Boliviana de Alimentos y Derivados para la implementación del proyecto "Planta Industrializadora de la Quinua Boliviana", que está ubicada en el municipio Paria de la ciudad de Oruro.

Entre las instituciones públicas y privadas que están autorizadas para la realización de actividades de promoción de exportaciones en el país están las siguientes:

- **MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS (MDRyT).** Esta institución está encargada de establecer y ejecutar políticas de fomento y apoyo en los campos técnico, económico, mercados y promoción de la producción y consumo entre el sector productivo y rural. Decreto Rural y Tierras No. 29894 de fecha 7 de febrero de 2009 de apoyo al sector de la quinua.
- **CENTRO INTERNACIONAL DE LA QUINUA (CIQ).** Creado bajo el Decreto Supremo No. 1927 y la Ley 395 con la finalidad de apoyar la soberanía y seguridad alimentaria mediante la investigación científica y actividades relacionadas a la producción e industrialización sustentable de la quinua y sus derivados.
- **CÁMARA NACIONAL DE PRODUCTORES DE QUINUA.** Esta institución creada el 2002 está encargada de la promoción de la producción de quinua, principalmente mediante la organización de congresos.
- **CÁMARA BOLIVIANA DE EXPORTADORES DE QUINUA Y PRODUCTOS ORGÁNICOS (CABOLQUI).** Esta organización sin fines de lucro inicia sus actividades a partir del 2005. CABOLQUI está enfocada en fomentar la producción orgánica de quinua y la promoción de productos orgánicos acabados de quinua (galletas, pasta, harina, etc.) mediante el desarrollo tecnológico con el fin de exportar productos con valor agregado y desarrollar mercados nacionales e internacionales a través del posicionamiento de la Quinua Real.
- **ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE QUINUA (ANAPQUI).** Creada en 1983, se encarga de promover la producción de Quinua Real como parte de un proceso de desarrollo económico regional. Busca la participación de todos los productores y la competitividad absoluta en el mercado nacional e internacional. Esta organización tiene un fuerte componente de capacitación a sus asociados.

Entre las instituciones especialistas en promoción de exportaciones de quinua tenemos a las siguientes:

- **CÁMARA NACIONAL DE EXPORTADORES.** Institución de derecho privado, sin fines de lucro que representa al gremio exportador a nivel nacional. Esta institución, desde 1969, está constituida por las cámaras regionales que a su vez representan a las empresas exportadoras de toda Bolivia. Uno de sus principales objetivos es "Fomentar y difundir la cultura exportadora, organizando y participando en seminarios, congresos y/o cursos de capacitación nacional e internacional". Por su parte, las cámaras regionales planifican y ejecutan actividades de promoción de exportaciones que involucran a la Quinoa Real, principalmente mediante la participación de sus asociados en ferias internacionales.
- **CÁMARAS REGIONALES DE EXPORTADORES.** Estas presentan propuestas de búsqueda de mercados internacionales dirigidas a pequeñas, medianas y grandes empresas nacionales que desean iniciar o ampliar sus procesos de internacionalización.

10.6. Estrategias para la promoción de exportaciones de Quinoa Real

Ferias internacionales

Siendo la participación en ferias una de las principales formas de promoción de exportaciones, a continuación, se sugiere una lista de ferias especializadas en la promoción de exportaciones de Quinoa Real (Portugal, 2022):

- "Expo West". Sector: Agricultura Ecológica Ciudad: California País: Estados Unidos.
- "Expo East" "Natural Products Expo East". Feria Internacional de Productos Naturales y Orgánicos USA". Sector: Alimentación - Gastronomía Ciudad: Baltimore País: Estados Unidos.

- Supply Side West. Sector: Alimentación - Gastronomía Ciudad: Las Vegas. País: Estados Unidos.
- Feria Expo-alimentaria. Es la principal plataforma de negocios internacionales del sector alimentos, bebidas, etc. la más importante de Latinoamérica.
- Alimentaria Exhibitions. Es el salón de alimentación y bebidas más importante de España y uno de los primeros del mundo. La sectorización en salones especializados, su carácter innovador, creativo, dinámico y su vocación exterior constituyen las claves de un éxito ferial sin precedentes. Para más información, dirigirse a: www.alimentaria-bcn.com
- BioFach. Ofrece una amplia gama de alimentos ecológicos y productos de comercio justo, además de todo lo que vale la pena conocer y suministros agrícolas de comercialización. Para mayor información, dirigirse a: <http://www.biofach.de/en>
- Ingredients Russia. Feria de ingredientes, aditivos y saborizantes más importante de Rusia. Exposición que atrae anualmente a cientos de expositores de todo el mundo como plataforma de negocios que buscan aumentar su mercado. Para mayor información, dirigirse a: <http://www.ingred.ru/eng>
- Ferias internacionales de alimentos y bebidas en el mundo. Listado de todas las ferias de productos alimenticios. Para mayor información, dirigirse a: <http://www.feriasalimentarias.com>
- III Congreso Mundial de la Quinua - Campo ferial EXPOTECA (Oruro-Bolivia). Enfoca su actividad en la exposición de temas de investigación y se dedica a la producción, comercialización, industrialización e investigación de la quinua. Para mayor información, dirigirse a:
- <http://www.congresomundialquinua.bo> o <http://www.fundacionaltiplano.org>

Sitios de comercio virtual

- Alibaba. El mercado *business to business* más grande del mundo, para más información dirigirse a: <http://www.alibaba.com>
- FITA - Federación de asociaciones de comercio internacional. Para más información dirigirse a: <http://fita.org/webindex>; vaya a *market research*, elija la opción *really useful links* y elija la categoría que desee en la base de datos. Ej. Ferias comerciales y eventos.
- GREEN TRADE. Es la referencia de los productores, fabricantes y distribuidores de los productos certificados ecológicos para poder realizar negocios. Para mayor información dirigirse a: <http://www.greentrade.net/es>

1) Empleo estratégico del marketing tradicional y digital dirigido a potenciales comercializadores de la Quinoa Real

- Trabajar en función a un país de destino analizando sus requerimientos y sus necesidades mediante técnicas de inteligencia competitiva para identificar estándares de calidad, precio, valores y volúmenes requeridos de Quinoa Real, así como los patrones de consumo por cada mercado, siendo los principales Estados Unidos, Canadá, Alemania, Francia, Países Bajos y Reino Unido (Trade Map).
- Identificar y emplear plataformas digitales, sitios web y comercio electrónico para la implantación de estrategias de comunicación que difundan los atributos más importantes de la quinoa como ser un producto nutracéutico (Del Águila & Delgado, 2015), no perecible, con infinitud de usos en la gastronomía. Además, esta estrategia debe servir para proyectar la marca país y la imagen corporativa de las instituciones, organizaciones y empresas que participan de los procesos de internacionalización de la Quinoa Real. Contratar un *community manager* para que sea, a diario, el encargado de manejar la comunicación interactiva con cada uno de los mercados meta mediante la gestión de páginas web y redes sociales multilingües.

- Definir estrategias de promoción de ventas que acompañen a los productos, como ser recetarios de preparación de alimentos con el fin de que las empresas que comercializan cuenten con material de promoción útil. Para fines de promoción es también importante la Certificación Gluten Free (Anculle, M. O., 2017) como tendencia actual del mercado internacional, principalmente para el mercado de Estados Unidos.
 - Es también de mucha utilidad la creación de alianzas con cadenas y tiendas especializadas en la venta de complementos alimenticios, productos de naturaleza y salud para facilitar la promoción. Finalmente, la promoción también debe incluir la participación en congresos internacionales de profesionales de salud y alimentación debido a su alta influencia en el mercado de alimentos.
- 2) *Empleo estratégico del marketing tradicional y digital dirigido a consumidores finales de la Quinoa Real*
- Hacer uso del *marketing* de influencia que impulse la demanda en los mercados internacionales donde se pretenda exportar la Quinoa Real. Diseñar e implementar un plan de *marketing* digital seleccionando los medios virtuales más empleados por los clientes potenciales de Quinoa Real del país de destino.

Para ambos casos, el control del cumplimiento de los aspectos mencionados anteriormente se da por la ejecución de los objetivos de exportación y por la analítica en el caso del *marketing* digital. Por otra parte, el logro de estos aspectos estratégicos de *marketing* está en manos principalmente de las instituciones que manda la ley mencionadas anteriormente.

10.7. Perspectivas de la Quinoa Real en el mercado internacional (estrategias de mercado de nicho)

Condiciones de acceso de la quinua en los mercados internacionales:

De acuerdo con el IBCE, las exportaciones de quinua presentan poca protección arancelaria en los actuales mercados de destino. Estados Unidos, principal importador mundial de quinua, tiene un arancel NFM15 (Nación Más Favorecida) de apenas 1,1%. La Unión Europea grava la tonelada con un arancel de 37 euros, que representa a un arancel ad-valorem de apenas 1,6%. Canadá, Japón, Australia e Israel, tienen totalmente desgravadas las importaciones de quinua. Por otra parte, Rusia tiene un gravamen de 5% y China tiene un arancel de 3% para el grano y 0% para las semillas. Estos países, considerados de economías grandes, no se encuentran todavía entre los principales mercados de quinua a nivel mundial.

Adicionalmente, Bolivia como miembro de la ALADI, goza de mecanismos preferenciales a los principales mercados de exportación de quinua. Por ejemplo, el acceso al mercado de la Unión Europea se encuentra libre de aranceles para el país. Además, Bolivia goza de la desgravación del producto prevista en el Sistema General de Preferencias (Asociación Latinoamericana de Integración – ALADI).

10.7.1. Medidas no arancelarias en los mercados regionales y mundiales

Debido a que los aranceles son nulos o bajos, las medidas no arancelarias se constituyen en aspectos muy importantes a considerar para el acceso de los productores de quinua locales a mercados internacionales. Las importaciones de quinua están sujetas en los diferentes mercados de destino a un estricto control fitosanitario por parte de las autoridades nacionales. Debido al grado de riesgo fitosanitario, la quinua es clasificada como un producto de riesgo intermedio en las diferentes reglamentaciones nacionales (Fano, A. G., & Nakason, S. M., 2021).

10.7.2. La expansión de la demanda por alimentos saludables

En la actualidad la expansión de la demanda de quinua en los mercados de países de mayores ingresos está condicionada, por una parte, por las modificaciones en los patrones de consumo en dichos países cuyas tendencias están hacia productos con

características nutricionales saludables, con garantía de sanidad e inocuidad y, por otra, que presenten características especiales como ser orgánicos o ser expresiones de valor cultural (ALADI y FAO, 2014). Por su parte, Gautier (2010) clasifica los atributos de valor de los alimentos procesados en cinco ejes principales: Placer, Salud, Forma, Practicidad y Ética. Este autor indica que la posibilidad de tener una o más de estas características puede permitir tener una demanda más dinámica en los mercados internacionales. En el caso de la quinua, los ejes que claramente cumple son Salud y Ética. Adicionalmente, Gautier (2010) propone una clasificación de alimentos por el nivel de ingreso de los países. Esto quiere decir que a mayor nivel de ingresos la demanda de alimentos saludables, orgánicos y funcionales incrementa, como es el caso de Estados Unidos, gran parte de los países de la Unión Europea y Japón.

En base a lo mencionado y considerando que el aumento de la demanda mundial de alimentos se basa en la expansión demográfica y el crecimiento de los niveles de ingreso de los países de menores ingresos y más densamente poblados de Asia, África y América Latina, se puede afirmar que la quinua podría ingresar a todos los segmentos de ingresos compitiendo con productos sustitutos como maíz, trigo, etc., en mercados de menores ingresos y posicionarse como alimento saludable y ético en mercados de ingresos altos en base a las estrategias de promoción de los países exportadores. Pasando de esta manera de competir en mercados de nicho a mercados dinámicos masivos (ALADI y FAO, 2014).

10.8. Usos y formas de consumo

Originalmente la quinua es un producto destinado al autoconsumo de campesinos y pequeños productores como forma de sobrevivencia. Debido al alto grado de saponina que contiene, su consumo estaba supeditado a los procesos rudimentarios de eliminación de la misma. El interés demostrado por los mercados, la posibilidad de competir en mercados masivos y el incremento de la producción permitieron crear métodos mecánicos para eliminar la saponina y otras impurezas y promocionar otras formas de uso (ALADI y FAO, 2014).

Debido a su alto valor nutricional el principal uso de la quinua es el alimenticio. La producción de exportación es enviada generalmente en grano a los mercados de destino, donde mediante procesos agroindustriales se obtienen galletas y otro tipo de masas elaboradas en base a la harina de quinua. Por el posicionamiento en el que ha venido trabajando en mercados internacionales como producto funcional de nicho, la quinua puede seguir las nuevas tendencias donde la evolución de su consumo se dirija a preparados agroindustriales con alto contenido nutricional (Alarcón, 2012).

En relación al uso medicinal y en la industria farmacéutica, tradicionalmente la población de la zona andina del país ha otorgado propiedades medicinales a la quinua y sus derivados considerando su contenido de magnesio, vitaminas, sales y minerales (ALADI y FAO, 2014). Zeballos, (2012) y Thompson, (2011) establecen que la quinua puede ser usada en pacientes que padecen de trastornos producidos por una condición de celíacos ya que puede sustituir a las harinas de trigo y sus derivados y beneficiarse además de las cualidades nutricionales que conlleva su consumo. Otros usos están relacionados a la industria de cosmética, belleza y cuidado personal mediante el desarrollo de jabones, cremas de uso corporal y otros, dadas las propiedades bioquímicas y valor orgánico natural que posee (ALADI y FAO, 2014).

Finalmente, se puede mencionar que mientras no se promoció de manera agresiva los contenidos y aportes nutricionales de la quinua en los mercados internacionales que permita a los productores aprovechar las tendencias actuales y de esta manera incursionar en mercados masivos, los mercados de nicho en los que se valorizan la producción orgánica y las características nutritivas continuarán siendo impulsores de la demanda internacional (ALADI y FAO, 2014).

10.9. Discusión y conclusiones

A pesar de que la quinua es un producto saludable y altamente valorado por sus características nutritivas, su crecimiento y exportación han presentado desafíos relacionados con la sostenibilidad y la dependencia de los mercados internacionales.

Sin embargo, la quinua también tiene beneficios y oportunidades en la producción de subproductos para diferentes industrias, lo que podría contribuir a su sostenibilidad a largo plazo y a la diversificación de mercados, tanto internos como de exportación. La producción sostenible y la calidad del producto son clave para su éxito en los mercados internacionales, especialmente en Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia.

La quinua ha pasado de estar destinada al autoconsumo de los campesinos y pequeños productores a ser un producto de exportación, lo que ha permitido crear métodos mecánicos para su procesamiento y promocionar otras formas de uso.

Las medidas no arancelarias también son importantes para el acceso de la quinua a los mercados internacionales, ya que los aranceles son nulos o bajos.

En conclusión, la quinua es un ejemplo de cómo un producto agrícola puede ser comercializado con éxito a nivel internacional a través de la producción sostenible, la calidad y la diversificación de sus subproductos. A pesar de los desafíos, la quinua sigue siendo un cultivo importante para las comunidades locales y la economía global, y su crecimiento y expansión ofrecen oportunidades para un futuro sostenible y próspero.

10.10. Referencias bibliográficas

ADA. Acuerdo de Asociación Centroamérica – Unión Europea (2017), Publicado por: Secretaría General del Sistema de la Integración Centroamericana. SG-SICA. Disponible en: https://www.sica.int/noticias/acuerdo-de-asociacion-centroamerica-union-europea_1_110712.html

Alarcón, A. (2012). Mercado de la quinua. Programa de Servicios Agrícolas Provinciales – Unidad para el Cambio Rural (PROSAP-UCAR). Buenos Aires. Argentina.

Antelo, E. (2007). Construcción de ventajas competitivas en Bolivia. Las cadenas productivas de soya; quinua; uvas, vinos y singanis; maderas; cueros; textiles y confecciones. Serie Cluster I, Caracas: CAF. Retrieved from <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/429>

Asociación Latinoamericana de Integración –ALADI y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2014). Tendencias y Perspectivas del Comercio Internacional de Quinoa. Recuperado de: <http://www.aladi.org>

Anculle Quiroz, M. O. (2017). Problemas y soluciones de exportación de quinua en grano-exigencia de calidad.

Arreglo de Lisboa. (1958). Arreglo de Lisboa del 31/10/1958 y sus modificaciones [en línea] Disponible en: <http://www.wipo.int/wipolex/es/details.jsp?id=12586>.

Asamblea Legislativa (2011). Ley 098. <http://www.diputados.bo/leyes/ley-n%C2%B0-098>

Barham, E., y Sylvander, B. (2011). *Labels of Origin for Food: Local Development, Global Recognition*. Fayetteville, USA: Cabi. Disponible en <https://bit.ly/3bGsWG8>

Bazile, D., Jacobsen, S.-E., & Verniau, A. (2016). *The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits*. *Frontiers in Plant Science*, 7. Recuperado de : <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00622>

Berti, PR, Jacobsen, SE, Stamm, RA, Bhutta, ZA y Baumann, M. (2017). La quinua en el Perú: sostenibilidad social, económica y ambiental. *Agricultura renovable y sistemas alimentarios*, 32(1), 5-17.

Blajos, J., Ojeda, N., Gandarillas, E., & Gandarillas, A. (2014). Economía de la quinua: Perspectivas y desafíos.

Blanco, C., y Herrera, C. (2011). Turismo gastronómico. Estrategias de marketing y experiencias de éxito. Prensas Universitarias de Zaragoza. <https://bit.ly/2XbQ1Lx>

Bolivia (2009). Constitución Política del Estado.

Bolivia (2011). Ley 098. Disponible en <http://www.diputados.bo/leyes/ley-n%C2%B0-098>

Bolivia (1992). Ley 1334. Disponible en: <https://bolivia.infoleyes.com/norma/3692/ley-1334>

Bolivia (2012). Ley 232. Ley del Fondo para la Revolución Industrial Productiva (FINPRO)

Bolivia (2001). Decreto Supremo No 26391.

Bolivia (2014) Resolución Ministerial N° 001/2014 del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras.

Cabrera, J. A. (2014). La logística internacional en las empresas colombianas como estrategia para la competitividad global. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/13338>.

Cely Torres, L. A., & Ducón Salas, J. C. (2015). Posibilidades en el comercio internacional de la quinua: Un análisis desde la perspectiva de la competitividad. *Equidad y Desarrollo*, 24, 119. Recuperado de: <https://doi.org/10.19052/ed.3683>

Correo del Sur (2022, 12 de julio). La quinua boliviana, cada vez más lejos de sus cifras récord. Correo del Sur. Recuperado: https://correodelsur.com/capitales/20220712_la-quinua-boliviana-cada-vez-mas-lejos-de-sus-cifras-record.html

Croppenstedt, A., Goldstein, M. y Rosas, JC (2016). ¿El año internacional de la quinua beneficia a los productores del Altiplano boliviano? *Política Alimentaria*, 61, 141-149.

Cafferata, J., y Pomareda, C. (2009). Indicaciones geográficas y denominaciones de origen en Centroamérica: situación y perspectivas. ICTSD. <https://bit.ly/2LDSp8G>

Cambra, J., y Martín, A. (2009). Denominaciones de origen e indicaciones geográficas: Justificación de su empleo y valoración de su situación actual en España. Fundación Cajamar. <https://www.publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/publicaciones-periodicas/mediterraneo-economico/15/15-267.pdf>

CAN (2000). Decisión No. 486. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad intelectual. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/indecopi/normas-legales/1683529-486-can>

Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial (1883). Disponible en: <https://www.wipo.int/treaties/es/ip/paris/>
Daniels, J. D., Radebaugh, L. H., & Sullivan, D. P. (2013). Negocios internacionales: ambientes y operaciones.

Del Águila, J. M., & Delgado, J. L. (2015). Evaluación de los hidrolizados de *Chenopodium quinoa* Wildnow (quinua) *Hordeum Vulgare* (cebada) y *Glycine Max* (soya) como sustrato beneficioso para la preparación de un producto nutracéutico a base de *Lactobacillus acidophilus*.

De La Torre, G., Fernández, E., y Naranjo, L. (2014). Turismo gastronómico, denominaciones de origen y desarrollo rural en Andalucía: situación actual. Boletín de la asociación de geógrafos españoles. <https://bit.ly/2WLlrcM>

EABolivia (2019, 30 de abril). Consumo de quinua en Bolivia sube a 20 mil toneladas/año. EABolivia. Recuperado de: <https://www.eabolivia.com/economia/18794-consumo-de-quinua-en-bolivia-suba-a-20-mil-toneladasano.html>

EFE (2019). La Quinua Real de Bolivia busca su denominación de origen ante el mundo. www.efecom.com, 10 April. Disponible en: <https://www.efecom.com/efe/america/economia/la-quinua-real-de-bolivia-busca-sudenominacion-origen-ante-el-mundo/20000011-3949461>

Espejel, J., Fandos, C., y Flavián, C. (2007). La importancia de las DOP como indicadores de calidad para el comportamiento del consumidor. El caso del aceite de oliva del Bajo Aragón. *Economía Agraria y Recursos Naturales*. <https://ageconsearch.umn.edu/record/7054/>

Fano, A. G., & Nakasone, S. M. (2021). Efecto de la restricción no arancelaria uso de pesticidas en las exportaciones de quinua peruana a Estados Unidos en el 2018 y 2019.

FAO (2019). FAOSTAT Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#search/quinoa>

FUNDACIÓN AUTAPO - Programa Quinua A. Sur. (2008) - Estudio de suelos del área productora de Quinua Real Altiplano sur boliviano. Disponible en: FUNDACIÓN AUTAPO - Programa Quinua A. Sur. 2008 - Estudio de suelos del área productora de Quinua Real Altiplano sur boliviano. | PDF | Quinua | Agricultura (scribd.com)

Gautier, F. (2010). Principales tendencias de la innovación alimenticia. Presentación ILACAD world retail. Santiago de Chile, 13 de octubre de 2010.

Hernández, T., & Lalama, A. (2000). Aspectos de tecnología agrícola andina. *Ciencia andina*, 331-350.

IBCE. (2010). Perfil de Mercado Quinua. Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Recuperado de: https://ibce.org.bo/images/estudios_mercado/perfil_mercado_quinuaCB10.pdf

IBCE (2010). Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Disponible en: <http://ibce.org.bo/>

IBCE (2011). La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Recuperado de: <https://ibce.org.bo/images/publicaciones/FAO-quinua-contribuye-seguridad-alimentaria.pdf>

IBCE (2013). Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Disponible en: <http://ibce.org.bo/>

IBCE (2018). Boletín Electrónico Bimestral No701. Bolivia, mayo de 2018. Recuperado de <http://ibce.org.bo/publicaciones-ibcecifras-pdf.php?id=645>

IBCE (2019, 24 de septiembre). Producción y exportación de quinua se mantienen estables en Bolivia. IBCE. Recuperado de : <https://ibce.org.bo/noticias-detalle.php?idNot=44>

IBCE (2019). Boletín Electrónico Semanal No. 306. Bolivia, mayo de 2019. Recuperado de <http://ibce.org.bo/ibcetransporte/noticias.php?op=1&id=425&idnot=1300>

IBCE. (2021, 12 de agosto). Producción, promoción comercial, mercados y rol de las instituciones del estado sobre la quinua en Bolivia. Instituto Boliviano de Comercio Exterior. Recuperado de : <https://ibce.org.bo/noticias-detalle.php?idNot=857>

Jornada (2022, 14 de julio). Bolivia acogerá en marzo de 2023 el Congreso Mundial de la Quinua. Jornada. Recuperado de: <https://jornada.com.bo/bolivia-acogera-en-marzo-de-2023-el-congreso-mundial-de-la-quinua/>

Lizarazu, R. (2014). Manual de propiedad industrial. Bogotá: Colombia. LEGIS.

López, L., (2022). Exportación de quinua y su efecto en el producto interno bruto de Bolivia. Periodo. 2000-2019 (Doctoral dissertation)

Martin, J. (2019) Producción agrícola. EcuRed. Recuperado de: https://www.ecured.cu/index.php?title=Producci%C3%B3n_agr%C3%ADcola&oldid=3472916.

Molina, M. (2018). Las Denominaciones de Origen protegidas simultáneamente bajo un régimen de propiedad intelectual y de patrimonio cultural intangible: un análisis en el marco del derecho

argentino. Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad, vol. 5, núm. 15, Chile. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=469565683008>

Mordor Intelligence (2021). *South America Quinoa Seeds Market - Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2021-2026)*. Mordor Intelligence. Recuperado de: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/south-america-quinoa-seeds-market>

OMC (1994). Acuerdo sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio. Disponible en: https://www.wto.org/spanish/tratop_s/trips_s/t_agm0_s.htm
OMPI, Folleto n° 1, publicación n° 913, Propiedad intelectual y expresiones culturales, Disponible en www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/tk/913/wipo_pub_913.pdf.

Paredes Prado, G. M. (2021). La quinua orgánica: análisis de los canales de distribución y la promoción de exportaciones en Acroco-Ayacucho.

Peña, Y., y Muñoz, A. (2015). Importancia de la denominación de origen del bocadillo veleño en hoja de bijao como estrategia de diferenciación competitiva. (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1016&context=finanzas_comercio

Portugal, S. R. (2022). Plan de exportación de quinua orgánica producida en la región de Arequipa, con destino al mercado estadounidense 2020.

Risi, J., Rojas, W., & Pacheco, M. (2015). Producción y mercado de la quinua en Bolivia. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 31645-la-quinua-el-grano-de-oro-esta-en-el-plan-de-desarrollo-al-2025-para-mejorar-su-produccion-industrializacion-y-aumentar-ventas. (s. f.). Recuperado de <https://abi.bo/index.php/noticias/politica/37-notas/noticias/sociedad/31645-la-quinua-el-grano-de-oro-esta-en-el-plan-de-desarrollo-al-2025-para-mejorar-su-produccion-industrializacion-y-aumentar-ventas>

Rojas, W., Pinto, M., Alanoca, C., Gómez Pando, L., León Lobos, P., Alercia, A., Diulgheroff, S., Padulosi, S. and Bazile, D. (2013). *Quinoa Genetic Resources and ex situ Conservation*. In State of the Art Report on Quinoa around the World in 2013. FAO. <http://agritrop.cirad.fr/575494/>

Sánchez C., (2019). Marketing mix de la cooperativa grano andino para exportar quinua orgánica al mercado de Alemania.

SEI - Stockholm Environment Institute. (2020). Annual reports. Potencial de la quinua en la bioeconomía de Bolivia. Disponible en: <https://www.sei.org/about-sei/annual-reports/>

SENAPI (2002), Documento de competitividad para la Cadena Productiva de la Quinoa. Disponible en: https://www.del.org.bo/info/archivos/estudio_cadena_quinoa.pdf

SENAPI – Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural de Bolivia (2021). Guía Denominación de Origen. Disponible en: Guía de Denominación de Origen | Servicio Nacional de Propiedad Intelectual (senapi.gob.bo)

SENAPI (2015). Reglamento de Procedimiento Interno de Propiedad Industrial. Disponible en: <https://www.senapi.gob.bo/sites/default/files/senapi/media/20190205194847-reglamento-de-procedimiento-interno-propiedad-industrial.pdf>

Thompson, T. (2011). *Case Problem: Questions Regarding the Acceptability of Buckwheat, Amaranth, Quinoa, and Oats from a Patient with Celiac Disease*. Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics Home. 101 (5), pp. 586-587.

Trade Map. Recuperado de: www.trademap.org

Vilches, A., Pérez, D., Toscano, J.C. y Macías, O. (2020). Concepto de Desarrollo Rural . España. <https://redex.org/concepto-de-desarrollo-rural>

Zambrano Solís, M. M., & Panta Zambrano, J. S. (2022). Medidas no arancelarias como barreras de acceso hacia el mercado de Estados Unidos para la exportación de barras de quinua, periodo 2016–2021 (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2022.).

Zeballos. V.; Ellis, J.; Šuligoj, T.; Herencia, I.; Ciclitira, I. (2012). *Variable Activation of Immune Response by Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Prolamins in Celiac Disease*. American Journal of Clinical Nutrition. Vol. 96, No.2, 337 – 344.

11.

COMPORTAMIENTO INTERNACIONAL PARA LA QUINUA BOLIVIANA Y PERUANA

Alejandro Jiménez - Norka Ojeda - Pablo E. Zegarra

Resumen

En el mercado internacional de la quinua dos naciones andinas, ricas en historia y tradiciones ancestrales, se han convertido en los principales exportadores de quinua a nivel mundial, esas son Bolivia y Perú.

Por su importancia en el mercado internacional, el presente capítulo proporciona una descripción de los flujos comerciales de la quinua a nivel internacional, haciendo hincapié en los mercados de destino de Bolivia y Perú, detallando las condiciones que afectan el acceso de la quinua a nivel global.

Palabras clave: Quinua, comercio internacional, requisitos, aranceles, Trade Map, Perú, Bolivia.

Introducción

El presente capítulo describe la evolución del mercado internacional de la quinua en esta última década, haciendo énfasis en las exportaciones bolivianas y peruanas, así como las condiciones de acceso a los principales mercados de destino.

Objetivos del capítulo

En este capítulo se describe la evolución de los flujos comerciales de exportación e importación de la quinua en el mercado internacional, poniendo énfasis en los principales mercados de destino de la quinua boliviana y peruana. Además, se presenta las condiciones de acceso arancelarias como no arancelarias que afectan la presencia de la quinua en los mercados antes mencionados.

11.1. El mercado internacional de la quinua

El mercado internacional de la quinua en valor exportado al año 2021 fue de USD 244.714.000 y en cantidad de 112.779 toneladas, de acuerdo al Trade Map¹³. Si bien se tienen registrados 67 países con algún valor exportado, la oferta se concentra en Perú y Bolivia, que al 2021 representan el 68% de las exportaciones mundiales con una cantidad de 79.756 toneladas.

Hasta el año 2013 Bolivia era el principal exportador de quinua, el 2014 se produce un pico histórico llegando a un valor de 464 millones de dólares exportados, a partir de ese año Bolivia pasa a un segundo lugar, subiendo a la primera posición el Perú.

Respecto al valor importado al año 2021 fue de USD 236.434.000 y en cantidad fue de 92.851 toneladas. La cantidad de países que reportan algún volumen de importación son 162, la demanda se concentra en Estados Unidos de América, Canadá, Francia y Alemania, los cuales representan el 53,7% de las importaciones. El valor importado por estos cuatro países alcanza a los USD 127.194.000, el balance comercial de los cuatro países importadores es de USD 94.420.000 dólares americanos (Trade Map, 2021).

¹³ El trademap.org forma parte de las herramientas estadísticas de comercio para el desarrollo internacional de las empresas, creadas por el International Trade Center, una agencia técnica de las Naciones Unidas y la Organización Mundial de Comercio.

Para una mayor comprensión del grado de concentración del mercado internacional de quinua tomaremos en cuenta el Índice Herfindahl, que mide la concentración económica de un mercado tanto de países proveedores como de países consumidores. O, inversamente, la medida de falta de competencia en un sistema económico.

El Índice Herfindahl, es calculado al elevar al cuadrado la participación de cada país en el mercado seleccionado y sumar los resultados obtenidos.

$$H = \sum_{i=1}^N S_i^2$$

Donde S_i es la participación del país i en el mercado, y N es el número de países. El Índice Herfindahl (H) varía entre $1/N$ y uno.

Por ejemplo: Si existieran tres países ($N=3$), el primero tiene 50% de participación de mercado, y el segundo y tercero tienen 25% cada uno de participación de mercado. El valor del índice estará entre: $[1/N, 1] = [0,33, 1]$

$$\text{Índice} = (0,5)^2 + (0,5)^2 + (0,25)^2 = 0,375$$

Los índices de Herfindahl se clasifican dentro de los siguientes rangos:

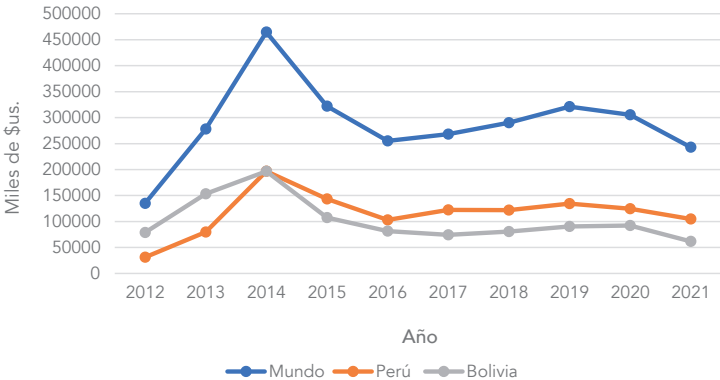
- Valores menores a 0,10 indicaría una baja concentración.
- Valores entre 0,10 y 0,18 indicarían una concentración moderada.
- Valores por sobre 0,18 mostrarían un mercado concentrado.

De acuerdo al Índice Herfindahl, la concentración de los países proveedores, calculado a partir de los flujos comerciales entre el 2017 a 2021, es de 0,28 con lo que se concluye que el mercado

está altamente concentrado. En el caso de la concentración de los países importadores el índice es de 0,12 lo que significa una concentración moderada.

Analizando la tasa de crecimiento de las exportaciones entre el periodo de 2017 a 2021 se aprecia una caída en valor del -1%, aunque en cantidad el volumen se incrementó en un 1%, lo que implica una caída en los precios. La mayor caída en valor se dio en el ciclo 2020 - 2021, con un -20%, principalmente por efecto de la pandemia del COVID19.

Gráfico XI.1: Exportaciones de quinua en miles de USD
2012 – 2021



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

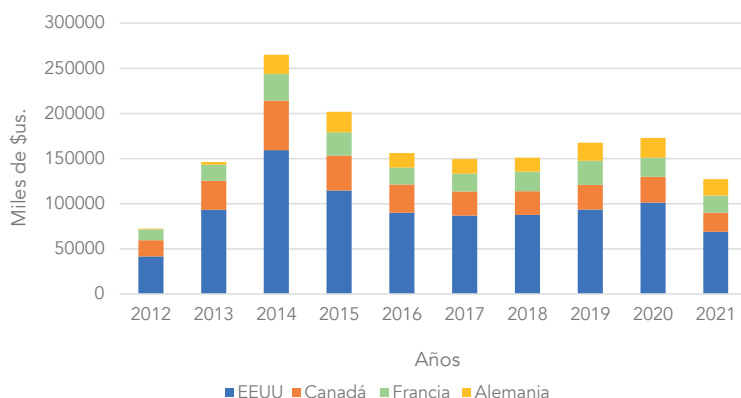
Como se aprecia en el gráfico, la caída en el valor de las exportaciones de Bolivia el 2021 fue de -33%, que ha sido más que el doble respecto a la caída del Perú que fue de -16%.

Bolivia ha perdido su sitio de primer exportador de quinua a partir del 2014. Al año 2021 la participación de Bolivia en las exportaciones mundiales fue del 25,2%.

Respecto a las importaciones, durante el periodo de 2017 a 2021 se aprecia un leve incremento en la tasa de crecimiento en valor y cantidad del 1%, aunque es evidente la caída en el ciclo 2020 - 2021 que en valor llegó al -30%.

Los principales países importadores mundiales son Estados Unidos y Canadá, le siguen Francia y Alemania. La distancia media de los países proveedores de quinua a estos dos países importadores expresados en kilómetros es de 7.641. Este indicador ayuda a responder la siguiente pregunta: ¿Es el mercado principalmente suplido por socios regionales?

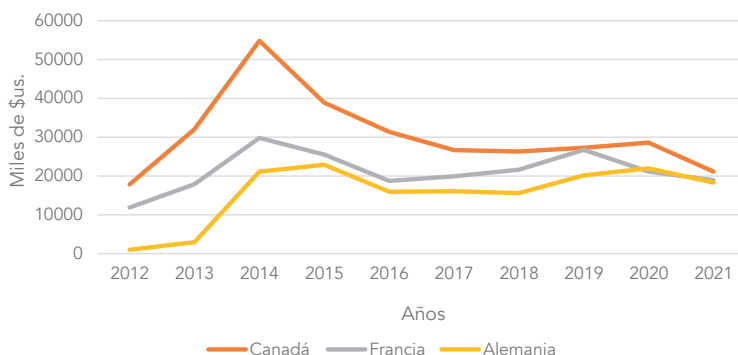
Gráfico XI.2: Importaciones de quinua en miles de USD
2012 – 2021



Fuente: Elaboración propia con datos del Trademap.org.

Si bien el principal mercado para la quinua es Estados Unidos, el comportamiento de los siguientes tres países es muy similar, notándose un importante incremento en las importaciones de Alemania en el 2014, que sobrepasó a Francia durante el 2020.

Gráfico XI.3: Principales países importadores de quinua
2012 – 2021



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

Dentro de estos principales importadores de quinua podemos resaltar el caso particular de Alemania, donde se encuentran una gran variedad de productos derivados de quinua, los cuales están disponibles tanto en tiendas especializadas como en supermercados convencionales. A continuación, se describen algunos de los productos más comunes que se encuentran:

Granos enteros de quinua: Este es el producto más básico y común. Los granos enteros de quinua se pueden cocinar como el arroz y se utilizan en una amplia variedad de platos.

Harina de quinua: Es una alternativa saludable a la harina de trigo y se puede utilizar en la elaboración de panes, pasteles, galletas y otros productos de panadería.

Barras de cereales de quinua: Estas barras de cereales representan una opción más, además de las barras de cereales convencionales.

Pasta de quinua: Es un producto común en una diversidad de platos.

Leche de quinua: Es una alternativa a la leche de vaca y es rica en proteínas y minerales.

Snacks de quinua: Se pueden encontrar en una amplia variedad de sabores y formatos, como *chips*, bolitas, entre otros.

Sopa y ensalada de quinua: Se presentan generalmente como un producto para un preparado rápido.

Comida para gatos y perros en base a quinua: Presentados en supermercados y son una opción para una dieta natural y de calidad de las mascotas.

Yogurt probiótico de quinua y frutas: Generalmente se presenta para un consumo rápido acompañado de productos naturales como la miel y diversas frutas.

Tortillas de quinua: Utilizadas para hacer tacos, burritos y otros platos de la cocina mexicana.

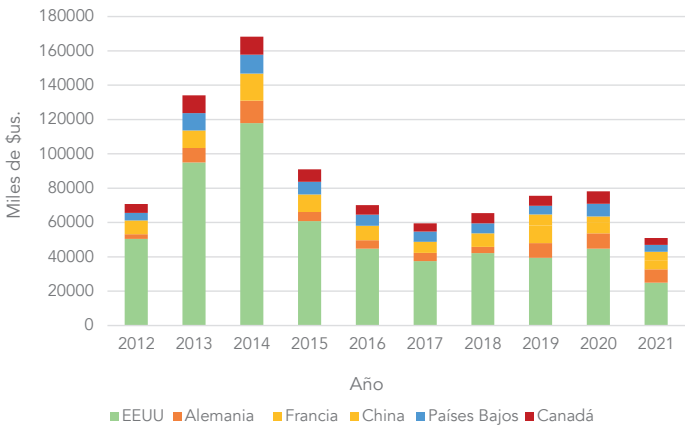
Hamburguesas vegetarianas de quinua: Acompañadas de frijoles y otros ingredientes saludables, son una alternativa para personas que no consumen carne.

Curry de quinua: Toma como base la quinua cocida y agrega variedad de vegetales, algunos típicos del país alemán, es altamente comercializada en la mayoría de supermercados. (Farmacias Budnikowsky, s. f.; Supermercado DM, s. f.; Supermercado Rewe, s. f.)

11.2. Exportaciones de quinua boliviana

El principal mercado para la exportación de la quinua boliviana es Estados Unidos de Norteamérica, luego del pico histórico registrado el 2014, el valor de las exportaciones se ha reducido de USD 50.543.000 registrados el 2012 a USD 24.951.000 el 2021.

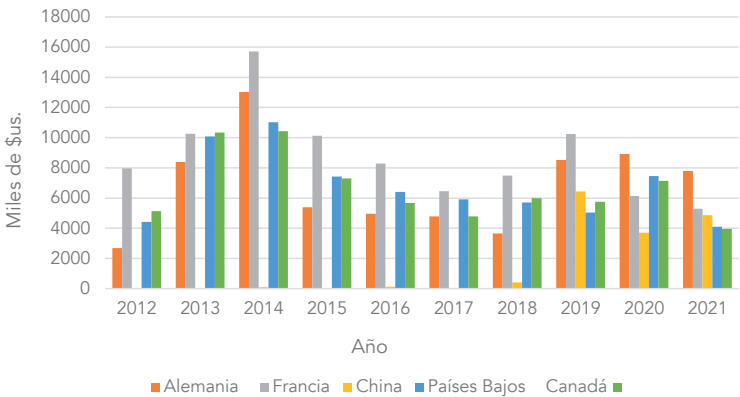
Gráfico XI.4: Exportaciones de quinua en Bolivia por destino
2012-2021



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

Luego de Estados Unidos de América, para la quinua boliviana al 2021 Alemania se ha consolidado como el segundo mercado seguido de Francia en el tercer lugar y China en cuarto, que incrementó sus importaciones desplazando a los Países Bajos.

Gráfico XI.5: Exportaciones de quinua boliviana por destino sin Estados Unidos 2012-2021



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

Para un mayor detalle, observar el mapa a continuación del destino de las exportaciones.

Imagen XI.1: Flujo de exportaciones de quinua boliviana por destino 2012-2021

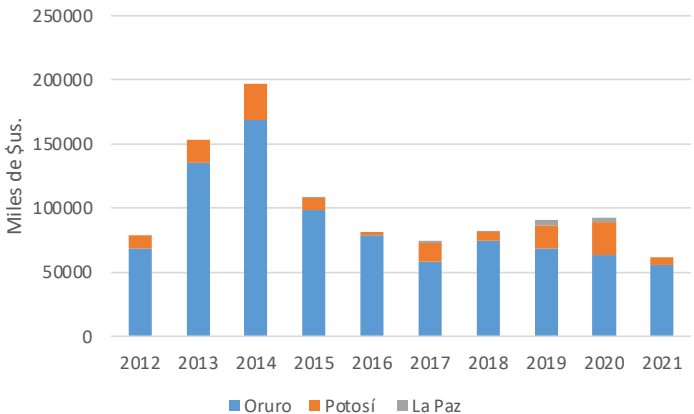


Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

En cuanto al origen de las exportaciones de quinua boliviana, tenemos a Oruro con un gran valor de exportaciones en esta última década representando en la mayoría de los años más del 80% del

total de exportaciones, además, observamos que Potosí tiene un aporte menos significativo, además de La Paz con un aporte ínfimo. Sin embargo, se aclara, como se mencionó en el anterior capítulo, que el 99% de la superficie cultivada de quinua se encuentra en Oruro, Potosí y La Paz.

Gráfico XI.6: Exportaciones de quinua en Bolivia por origen 2012-2021

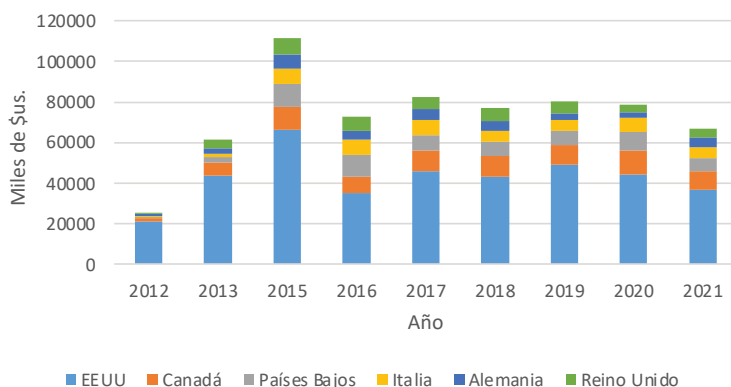


Fuente: Elaboración propia con datos del Instituto Nacional de Estadística.

11.3. Exportaciones de quinua peruana

El principal mercado de exportación para la quinua peruana es Estados Unidos de América, si bien luego del pico histórico del 2014 el valor de las exportaciones ha disminuido, esta ha sido en una menor proporción que en el caso de la quinua boliviana.

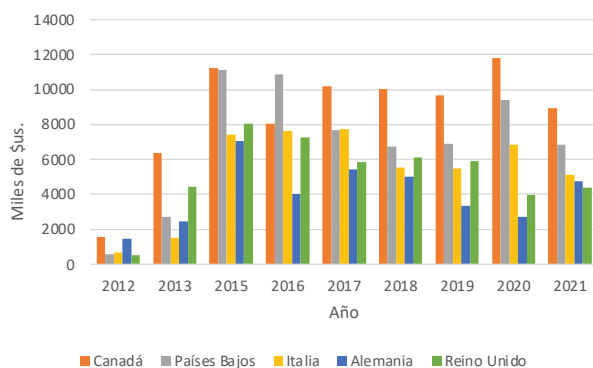
Gráfico XI.7: Exportaciones de quinua peruana por destino 2012-2021



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

Luego de Estados Unidos de América, para la quinua peruana al 2021, el mercado de Canadá mantiene el segundo lugar, seguido de los Países Bajos, Italia y Alemania.

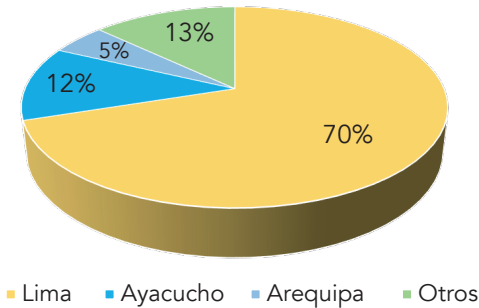
Gráfico XI.8: Exportaciones de quinua peruana por destino sin Estados Unidos 2012-2021



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

En cuanto a un desglose de las exportaciones en lo que se refiere a origen, podemos notar que en 2020 la región de Lima aglutinó un 70% del volumen de exportaciones, seguida muy de lejos por Arequipa con un 12% y Ayacucho con un 5%.

Gráfico XI.9: Participación de las exportaciones peruanas por región 2020

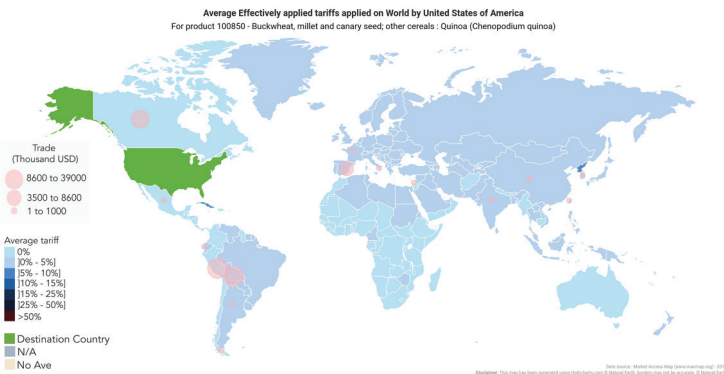


Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

11.4. Condiciones de acceso

Tanto para la quinua boliviana como para la peruana, el principal mercado de exportación es Estados Unidos; el arancel medio estimado aplicado a Bolivia es del 1,1%, y en el caso de la proveniente del Perú es 0%, lo que representa una ligera desventaja para la quinua boliviana.

Imagen XI.3: Tarifas arancelarias medias estimadas aplicadas por Estados Unidos



Fuente: macmap.org.

Si bien las condiciones de acceso desde el punto de vista de las tarifas arancelarias son relativamente bajas para la quinua y en varios mercados la tarifa efectiva arancelaria es del 0%, es necesario resaltar que las condiciones de acceso a los mercados internacionales son muy exigentes.

Los requerimientos regulatorios para ingresar al mercado de Estados Unidos de Norteamérica son 14 y para ingresar al mercado europeo son 25. El detalle de los requerimientos regulatorios, se encuentran en el siguiente QR:

QR # XI.I



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a contenido sobre: Requisitos de importación para ingresar al mercado de Estados Unidos.

QR # XI.II



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a contenido sobre:
Requisitos de importación para ingresar al mercado Europeo.

11.5. Exportación de quinua orgánica a Estados Unidos

En este acápite se analiza el desempeño de las exportaciones de quinua a Estados Unidos que como se observó anteriormente, representa el principal mercado para la quinua boliviana, tanto orgánica como convencional, explicando en primera instancia el sistema de clasificación para el ingreso de mercancías a este país que, a diferencia de otros mercados, sí permite diferenciar la información entre quinua orgánica y convencional tanto en valores como en cantidades.

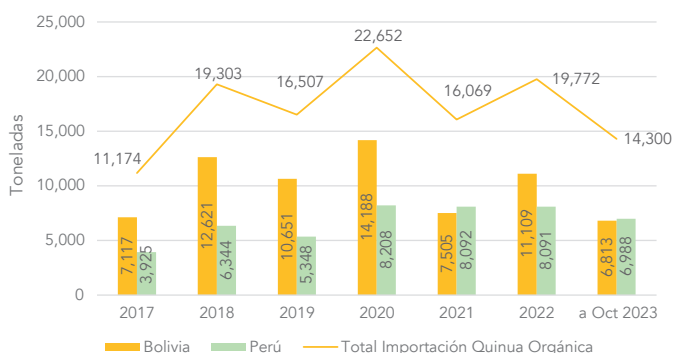
El Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA), denominado comúnmente «Sistema Armonizado», es un sistema internacional elaborado por la Organización Mundial de Aduanas (OMA) para clasificar las mercancías en una estructura lógica de clasificación, de manera uniforme para ser usado por las autoridades aduaneras de todo el mundo. Se trata de un sistema de clasificación general de aproximadamente 5,000 categorías de productos con una clasificación de seis dígitos en una estructura jerárquica, por: secciones; capítulos (2 dígitos); partidas (4 dígitos); subpartidas (6 dígitos) y acompañada de normas de aplicación y notas explicativas. Este sistema permite a los operadores económicos, aduaneros y legisladores de cualquier país identificar el mismo producto mediante un código numérico.

El Sistema Armonizado de clasificación arancelaria de los Estados Unidos (HTS por sus siglas en inglés) que se basa en el sistema Armonizado internacional aplicado a la mayor parte del comercio mundial de bienes, ha incluido desde el año 2017 una

subpartida arancelaria específica para la importación de quinua con certificación orgánica cuya denominación es 1008500010, siendo los principales proveedores Bolivia y Perú.

Bajo esta codificación, en el siguiente gráfico se observa la evolución que ha tenido Estados Unidos respecto a la importación de quinua orgánica cuyos principales socios comerciales son Bolivia y Perú.

Gráfico XI.10: Evolución de la importación de quinua orgánica (Expresado en toneladas)



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

Entre el 2017 y 2020 se aprecia un crecimiento considerable en la exportación de quinua orgánica por parte de Bolivia pasando de 7.117 a 14.188 toneladas.

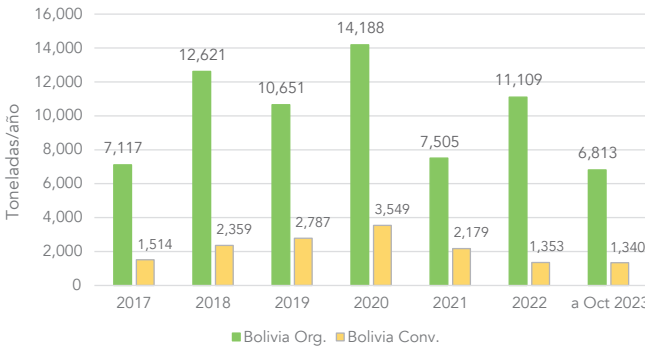
Como se puede observar, Bolivia ha liderado las exportaciones de quinua orgánica a Estados Unidos hasta el año 2020 logrando abarcar más del 62% del volumen total importado por este país. El año 2021 se observa una drástica caída en las importaciones de quinua orgánica provenientes de Bolivia cuyo cupo de mercado se redujo en casi 50% mientras Perú logró mantenerse relativamente estable. Si bien en siguiente periodo se ha logrado incrementar significativamente los volúmenes antes importados, de acuerdo a la información oficial con que se cuenta hasta octubre de

2023, nuevamente existe una caída en los volúmenes de quinua orgánica importados por Estados Unidos mismos que afectan principalmente a Bolivia.

Llama mucho la atención lo ocurrido con el volumen de las exportaciones bolivianas de quinua orgánica el 2021, situación que puede deberse a las drásticas medidas de control de trazas de pesticidas químicos implementadas por los organismos de control y a los mismos procesos de certificación.

La importación de quinua orgánica procedente de Bolivia ha sido predominantemente superior a la importación de quinua convencional que como se observa en el siguiente gráfico, tiene tendencia decreciente.

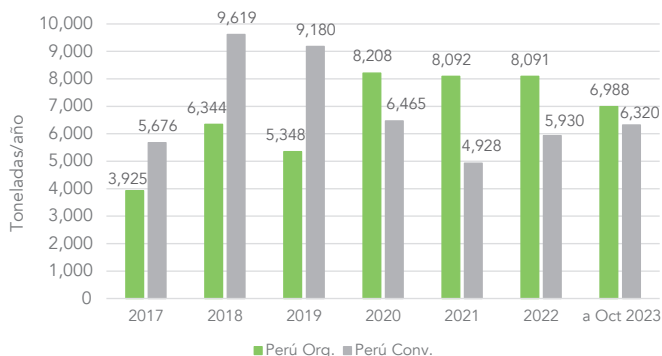
Gráfico XI. 11: Evolución de la importación de quinua procedente de Bolivia (Expresado en toneladas)



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

Una situación diferente se observa en el caso de las importaciones de quinua peruana para el mercado americano donde no se observa una predominancia entre lo orgánico y convencional; sin embargo, a partir del año 2020 los volúmenes de quinua orgánica peruana importada por Estados Unidos han superado a la quinua convencional y muestran una tendencia creciente tal como se observa en el siguiente gráfico:

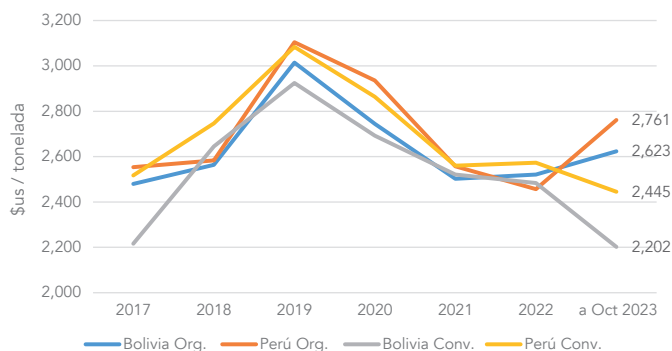
Gráfico XI. 12: Evolución de la importación de quinua procedente de Perú (Expresado en toneladas)



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

Un factor determinante para la importación de quinua es el precio en destino (CIF) que ha tenido significativos cambios generados principalmente por la presión de la demanda sobre la oferta del grano.

Gráfico XI. 13: Precio CIF de las importaciones de quinua de Estados Unidos (Expresado en USD/t)



Fuente: Elaboración propia con datos de Trademap.org.

En cuanto al precio CIF diferenciado entre quinua orgánica y convencional por país de origen en el mercado americano, la gráfica anterior muestra una variación de precio por tonelada que entre el 2018 a 2022 muestra ligeras diferencias entre lo orgánico y convencional. Cabe señalar que Perú cuenta con un arancel de 0% para la importación de quinua y otros productos debido al tratado bilateral de preferencias arancelarias que mantiene con Estados Unidos, situación que pone en desventaja a Bolivia pues al no contar con ninguna preferencia arancelaria, los importadores pagan un arancel de 1,1% sobre el valor CIF.

Los datos de precio obtenidos entre enero y octubre de 2023 muestran diferencias significativas en cuanto al precio siendo superior la quinua orgánica peruana con un valor promedio de 2.761 dólares por tonelada en relación a la quinua orgánica procedente de Bolivia cuyo promedio en ese mismo periodo fue de 2.623 dólares por tonelada. En este periodo se marca una notable diferencia entre la quinua orgánica y la quinua convencional donde el producto procedente de Perú tuvo un valor promedio de 2.445 dólares/t y la quinua convencional procedente de Bolivia llegó a 2.202 dólares la tonelada en este periodo.

Cabe resaltar que el costo de transporte hasta destino es superior en el caso de la quinua boliviana que debe recorrer una mayor distancia hasta el puerto de embarque, lo que se refleja en una menor utilidad para los productores bolivianos que deben asumir este costo para ser competitivos en el mercado internacional.

11.6. Conclusiones

Podemos llegar a las siguientes conclusiones acorde a los objetivos planteados al inicio del capítulo:

- El mercado internacional de la quinua tiene 67 exportadores, donde destacan como principales exportadores Perú y Bolivia, siendo este último el principal exportador hasta el 2014, luego desplazado por su país vecino. Sin embargo, ambos presentaron una baja en sus flujos de exportación en el año 2021. En cuanto a

los países importadores tenemos un total de 162, siendo los principales Estados Unidos, Alemania y Francia. Cabe mencionar que en cuanto a los proveedores hablamos de mercado altamente concentrado y en cuanto a los consumidores de un mercado con una concentración moderada según el Índice de Herfindahl.

- Analizando los socios comerciales que poseen los dos países andinos, principales exportadores, podemos notar que ambos tienen a Estados Unidos como principal socio comercial, sin embargo, resalta que Bolivia también exporta grandes cantidades a Alemania, Francia y China en dicho orden; por otra parte Perú lo hace a Canadá, Países Bajos e Italia. En cuanto al origen de las exportaciones notamos que Bolivia tiene al departamento de Oruro con un aporte del 80% de las mismas y Perú también aglutina un gran porcentaje de sus exportaciones en la región de Lima con un 70%.
- Las condiciones de acceso en cuanto a tarifas arancelarias son bajas para Bolivia y Perú, teniendo una ventaja en dicho aspecto el país vecino, además señalamos que ambos países deben cumplir 14 requerimientos para exportar al mercado norteamericano y 25 para el mercado europeo, siendo necesarias entre ellas medidas sanitarias y fitosanitarias, barreras técnicas al comercio y en el caso europeo una licencia no automática de importación.

11.7. Referencias bibliográficas

Farmacias Budnikowsky. (2023). Productos quinua. Recuperado 4 de mayo de 2023, de <https://www.budni.de/>

Market Access Map. (2021). Market Access Map. <https://www.macmap.org/>

SIIP. (2022). Sistema Integrado de Información Productiva. <https://siip.produccion.gob.bo/>

Supermercado DM. (2023). Productos quinua. Recuperado 4 de mayo de 2023, de <https://www.dm.de/>

Supermercado Rewe. (2023). Productos quinua. Recuperado 4 de mayo de 2023, de <https://www.rewe.de/>

Trade Map. (2021). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas. Trade Map. <https://www.trademap.org/>

Caso de estudio I:

SIGUIENDO TENDENCIAS GLOBALES: CORONILLA, LA MAYOR INDUSTRIA EXPORTADORA DE DERIVADOS DE QUINUA CON ALTO VALOR AGREGADO¹⁴

Johnny Burgos Mendoza

Coronilla exporta el cien por ciento de sus productos con alto valor agregado. No exportan granos y se constituyen en el proyecto de industrialización de quinua más grande de Sudamérica. No existe ninguna otra que alcance los volúmenes de procesamiento que hoy en día tiene Coronilla.

Diego Peláez Wille

Historia

Coronilla fue fundada en 1972 con la visión de ser la mayor productora local de pastas de batalla que se vendía a granel. Tuvo un crecimiento sostenido en el mercado cochabambino y también a nivel nacional, logrando posicionarse como la tercera productora de pastas más grande de Bolivia.

¹⁴ Este caso ha sido escrito por el profesor Johnny Burgos Mendoza Ph.D(c), profesor de la UPB, que sirve de base para la discusión en clase. El mismo se basa en una experiencia real. Esta publicación fue editada por la Olave School of Business de la UPB. Se autoriza su reproducción en tirajes pequeños para fines de estudio en programas académicos en países de América Latina y el Caribe, citando la fuente. Derechos reservados Johnny Burgos Mendoza Ph.D(c). y UPB © 2023.

Al final de los 80's comenzaron a empaquetar las pastas en un envase básico porque los consumidores estaban exigiendo otra presentación acorde a los nuevos formatos de venta que surgían en el mercado.

Debido a las reformas económicas y tributarias que se plasmaron en el D.S. 21060, como la incorporación del Impuesto al Valor Agregado (IVA), crearon una brecha entre la formalidad e informalidad y muchas empresas del sector de pastificación decidieron seguir el camino de la informalidad; esto hizo muy difícil competir para las empresas formales. Debido a los incentivos tributarios para la importación de maquinaria a mediados de los 90's, Bolivia tenía cinco veces la capacidad de producción de pastas en relación con el consumo nacional.

El contrabando, que es una forma de vida para algunos comerciantes, acentuó la competencia desleal en esta categoría de las pastas al ingresar a Bolivia productos chilenos y peruanos a menores precios.

A principios de los 90's Coronilla decidió integrarse verticalmente, para lo que adquirieron un molino produciendo así su propia harina para alcanzar mayor competitividad. Alrededor de 1995 incursionó en el mercado de pastas especiales: integrales, al huevo sin colesterol y picantes. La competencia no tardó en imitarlos.

En 1997 Coronilla comprendió que estaba destinada a desaparecer si no se cambiaba diametralmente la forma en la que se concebía el negocio, no eran capaces de competir en el mercado nacional, mucho menos considerar el mercado externo. La maquinaria que tenían era tecnología de 1972 y el molino de los años 90.

Consideraron tres posibles escenarios:

- a. Vender la empresa;
- b. Invertir en nueva tecnología y;
- c. Buscar nichos de mercado que los haga competitivos tanto en el mercado nacional como en el internacional — algo absolutamente innovador.

Cambio de gestión

En 1997 asumió la gerencia general Martha Eugenia Wille Leytón, que se desempeñaba como gerente administrativa-financiera y decidió encarar este desafío y, además, realizar cambios en los principios y valores de la empresa. Dio oportunidad a las mujeres que llegaron a conformar el 85% del personal y también incorporó en la plantilla el 10% de personas con discapacidad auditiva o de comunicación.

Martha identificó el segmento de alimentos orgánicos e, investigando aún más, encontró la categoría de alimentos libres de gluten (*gluten free*) que a finales de los 90's eran poco conocidos.

Coronilla elaboró una pasta agregando harina de quinua como materia prima, un producto con mucho potencial, lo que se confirmó —acertadamente— con los años. Es así que en 1997 realizaron la primera exportación de pasta de trigo y quinua al comercio justo alemán.

En 2001 la nueva gerencia tomó la valiente decisión de dejar de producir pastas de batalla, tenían en mente un proyecto importante. Lograron que un inversor adquiriera el 45% de las acciones y con ese capital fresco en el 2007 el panorama comenzó a cambiar.

Se empezó a gestar el *boom* de los alimentos libres de gluten en el mundo y poco después el *boom* de la pasta de quinua. Tenían un proyecto maduro y llevaban más de 15 años desarrollándolo.

Marca blanca

Decidieron abandonar el sueño de la marca propia con este proyecto cuando empezaron a exportar, no podrían pensar en posicionar una marca propia porque desconocían los mercados internacionales a los que apuntaban y, además, requería una gran inversión. Por esta razón optaron por ser productores de alimentos con marca blanca y ofrecer a empresas con marcas bien establecidas en el mercado internacional.

Para comercializar en el mercado internacional, Coronilla identificó marcas bien posicionadas; en Inglaterra “Windmill Organics”, empresa con varias marcas en su portafolio y una de ellas para productos libres de gluten, con quienes negociaron que los productos de Coronilla eran un *fit* perfecto. La exportación se realizó en Incoterms Ex Factory o FOB Arica y se colaboró en la logística hasta que llegaron a destino y, en adelante, ellos manejan el producto con su propia marca.

La mayoría de los clientes solicitan el producto empacado con su marca. Ellos mandan el diseño en base a las guías de corte que se tiene en Coronilla, existen esquemas preestablecidos para distintos tipos de empaque y tamaños que se ajustan a la logística de espacio en cajas y contenedores. Otros clientes solicitan el producto a granel porque ellos tienen las facilidades que les permite empacar en su país.

Estrategia de promoción internacional

Hemos participado durante cuatro o cinco años en ferias internacionales antes que alguna persona se detenga en nuestro stand y nos considere como su proveedor¹⁵.

El 90% de las ventas de Coronilla han sido gestionadas a través de la participación en ferias monográficas del sector. BioFach en Alemania; ExpoEast en Baltimore (Estados Unidos); Expogluten Free en Italia y otras similares.

Somos muy agresivos y tenemos una política de participación en ferias internacionales, calendario y agenda para ejecutarla.

No es participar solo una vez, a los participantes serios del mercado les interesa ver a empresas que se sostienen en el tiempo.

En la actualidad los productos de Coronilla se venden en las cadenas de supermercados más importantes y de mayor desarrollo del mundo como son: Whole Foods Market, Costco Canadá, Costco EE.UU., supermercados de Australia y Nueva Zelanda, así como varias cadenas europeas y alguna de Medio Oriente.

¹⁵ Los comentarios son de Diego Peláez Wille, Gerente de Coronilla.

Nuestras credenciales hablan por sí mismas y generar la confiabilidad de compra de un producto nuestro fue un desafío que tomó varios años. Hay que generar el vínculo de confianza con nuestros clientes y mostrarles que somos una empresa seria.

Marca propia: BIO XXI

En 2016, después de 18 años de haber abandonado el mercado nacional, Coronilla decidió abrir un nuevo segmento de negocio y crearon una marca propia para el mercado boliviano: Bio XXI, presente en las principales ciudades del país y con distribución propia en Cochabamba, Santa Cruz y La Paz. La empresa además exporta sus productos a Australia, Nueva Zelanda, Inglaterra, España, Alemania, Suiza, Francia, Chile, Brasil, Estados Unidos, Canadá y Emiratos Árabes Unidos.

Las líneas de productos conforman: cereales, deshidratados, galletas, pre mezclas, snacks y pasta.

Tabla 1: Línea de productos BIO XXI

Cereales	Comidas y sopas deshidratadas	Galletas	Pre mezclas	Snacks
Kruesli	Tomate	Surtidas	Panadería	Pack Quinitos
Muesli	Vege	Chocochip	Pizza	Quinitos Clásico
Minicrispi	Taboule	Coco- Canela	Repostería	Quinitos coco y miel
	Risotto	Moka	Muffins	Quinitos orégano
	Nuggets	Multicereal	Panqueques de quinua	
			Pudin	

Pasta					
Anelli	Fusilli	Penne	Cabello de ángel	Codito	Spaghetti

Fuente: Elaboración propia en base al catálogo pdf del sitio web www.coronilla.com

QR # 1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder al catálogo de productos que tiene Coronilla en su sitio web.



La quinua en productos de Coronilla

Coronilla forma parte de un siguiente eslabón en la cadena. No tienen vínculo directo con los productores de quinua; se compra el grano ya beneficiado y completamente limpio de empresas como Andean Valley, Irupana, Jisa o cualquier otro proveedor con trayectoria y excelente reputación en el mercado nacional. Reciben el grano, lo procesan y lo exportan como un producto con valor agregado.

Con seguridad, Coronilla no es el único emprendimiento en Bolivia que sólo incorpora valor agregado en base a cereales andinos. Algunas empresas hacen algo similar, pero en su mayoría son exportadores de grano únicamente.

Manufacturamos estos productos agrícolas orgánicos producidos bajo la agricultura ancestral y los transformamos en pastas, bocadillos, cereales, galletas, pre mezclas y alimentos instantáneos deshidratados para satisfacer las necesidades nutricionales de nuestros clientes en cualquier parte del mundo, siendo la quinua nuestra principal materia prima debido a sus

excelentes atributos nutricionales. El etiquetado y empaquetado lo realizamos bajo nuestra propia marca o bajo acuerdos de etiqueta privada con nuestros clientes.

Extrapolando la historia de Coronilla al mercado de la quinua, este es un mercado que para la empresa plantea una serie de desafíos desde el punto de vista de aprovisionamiento de materia prima.

Hemos tenido la capacidad y valentía de mantener nuestros precios estables durante la dramática subida de los precios del grano de quinua durante los años 2014 y 2015. Coronilla ha mantenido sus precios durante esa subida porque creíamos que era un pico y no una tendencia.

Lo que sucedió es que la quinua estaba en el camino de la "commoditización" del grano y eso siempre pasa por una curva ascendente para que luego suceda un desplome brusco y llega a una estabilidad de precios.

Apostamos a que eso suceda y es exactamente lo que ha sucedido.

Los productos son una combinación de quinua con arroz orgánico, en promedio entre 70% y 75% de arroz y entre 30% y 25% de quinua. El costo de la quinua es mayor. Entre ambas materias primas la quinua representa un 55% del costo, mientras que el arroz orgánico es el 45%. En la estructura de costos ambas materias primas representan un 30% y la quinua tiene un impacto del 15% en la estructura total de costos. Esto da una holgura ante una variación de precios de la quinua, y es sostenible en el corto plazo.

La quinua ha dejado de ser una materia prima a la que países de la región andina tiene mayor facilidad de acceso y competitividad por su cercanía. La quinua se produce en Bolivia, Perú y en más de 50 países en el mundo. Ahora se compite a nivel global con emprendimientos industriales que tienen producción de quinua al lado de sus plantas y hay 50 países que promueven el desarrollo de productos con valor agregado en base a quinua y ese es el nuevo desafío para Coronilla que debe incluir esa nueva variable del mercado.

Hace 12 años si alguna empresa en el mundo decidía incorporar la quinua como materia prima para sus productos, podían comprarla en Bolivia o Perú con todas las dificultades logísticas y costos que esa transacción representaba. Actualmente esa ya no es la realidad, empresas como Lundberg de Estados Unidos promueven cosechas masivas de quinua; en Canadá se hacen inversiones para el desarrollo del cultivo de quinua; India y China han incursionado en su producción y esto representa una agresiva competencia en el desarrollo de productos con valor agregado

Para Coronilla comienza a ser un tema de crecer o morir. Durante muchos años han enfrentado cómodamente un mercado de nicho y tuvieron un crecimiento sostenido porque existía una demanda creciente. Actualmente, existen muchas empresas en el mundo, como por ejemplo Barilla, que producen alimentos libres de gluten e introducen quinua en el proceso de formulación de nuevos productos.

Coronilla apunta a un segmento triple A. Con una cartera de más de 20 productos, pero el 75% de sus ventas son pastas.

Somos una fábrica de pastas y la nuestra es todavía la mejor pasta libre de gluten del mundo.

Los consumidores no sienten que es una pasta libre de gluten, la textura y el sabor son comparables a cualquier pasta tradicional italiana de trigo, y ese es el principal diferenciador de las pastas Coronilla, porque, en definitiva, todos los consumidores requieren que la pasta sea excelente, más allá de ser o no libre de gluten.

Los clientes transmiten la buena calidad de esta pasta mediante los reviews, los estadounidenses son especialistas en calificar la calidad a través de las estrellas y una pasta de Coronilla casi siempre es calificada con cinco estrellas por los consumidores.

A futuro la competencia será por precios, sin embargo, hay otra forma de diferenciarse de otras marcas.

La quinua siempre nos va a separar del segmento libre de gluten ya que es un atributo diferenciador, pero habrá otros elementos que iremos incorporando con el tiempo, por tanto, el precio es algo importante pero no es la única variable.

Desafíos post pandemia COVID-19

Coronilla enfrentaba dos cambios en el entorno, el primero tiene relación con la competencia de productos con valor agregado en base a quinua, debido a que hasta el ciclo 2014 – 2015 era una materia prima que adquirían de Bolivia o Perú, pero del 2016 en adelante tenían fácil acceso a la quinua producida en otros países en el mundo; el segundo panorama era el segmento de alimentos libres de gluten que hasta antes de la pandemia creció entre 9% y 11%, por lo tanto generó una oferta cada vez mayor y la competencia era mucho más fuerte a nivel global.

La llegada de la pandemia cambió todo porque forzó a los mercados hacia escenarios teóricamente imposibles e imprevisibles en cualquier estrategia empresarial. Las industrias a nivel global fueron afectadas, afortunadamente las industrias de alimentos siguieron operando con limitaciones logísticas tanto para las importaciones de materias primas como la exportación de productos terminados, o para movilizar al personal en tres turnos desde sus domicilios a la fábrica, pues no se conocían oficialmente las condiciones sanitarias mínimas. Pero Coronilla resolvió con solvencia cada uno de estos problemas creando un ambiente de confianza asegurando a su personal que nadie quedaría sin atención médica.

El 2020 crecieron en ventas, pero los márgenes se vieron afectados por el incremento en costos de operación, la logística de importación y exportación se incrementó sustancialmente.

Llegó el 2021 con una serie de problemas absolutamente nuevos. El primero era que el crecimiento que se tuvo el 2020 cayó drásticamente debido a que sus clientes incrementaron sus niveles de inventario considerando que las siguientes olas de la pandemia pudieran no permitir el abastecimiento, situación que no sucedió y generó una caída en la demanda. Es muy difícil en Bolivia contraer costos por la legislación laboral vigente. Otro

problema es la inflación global, los precios de las materias primas se incrementan, los clientes y los supermercados restringen la posibilidad de ajustar los precios, en consecuencia, los márgenes se redujeron más. La demanda se mantuvo relativamente estable bajo los nuevos parámetros del mercado, los márgenes se siguieron contrayendo, los bancos centrales en todo el mundo comenzaron a subir las tasas de interés para controlar la inflación y apareció el fantasma de la recesión, luego la guerra en Ucrania a principios del 2022 y eso cambió la lógica de los consumidores europeos con una mentalidad de consumo en época de guerra. Los índices de crecimiento del segmento de alimentos libres de gluten y también el segmento de alimentos orgánicos que habían crecido durante los últimos 30 años se contraen en el 2022.

La demanda de quinua en el mundo

La tendencia de la quinua no cambió, se comoditizó casi totalmente a partir del 2016, en la actualidad es producida en más de 50 países en el mundo; es cierto que no es la Quinua Real boliviana, no es la variedad única que tiene la región andina, pero es quinua y para fabricar productos con valor agregado, quinua es quinua. Coronilla tiene muchos competidores que acceden a esa materia prima y a la quinua como grano, aunque la demanda en el mundo ha seguido creciendo por lo menos hasta el 2020, había caído igual que el resto de las materias primas *premium* y se contrae porque todos los mercados de consumo se van contrayendo poco a poco, eso hace que existan más oferentes y que se comoditice totalmente.

En Bolivia, quienes comercializan quinua en grano tienen gravísimos problemas porque no tienen factores diferenciadores claros, no hubo una política de Estado que fomente la diferenciación de la Quinua Real boliviana, porque no hubo éxito en el intento de tener una marca país o una denominación de origen para la quinua boliviana, nunca se ha logrado.

No hubo una integración y un trabajo coordinado entre el Estado boliviano, el sector empresarial y las comunidades productoras, en Bolivia eso no ha funcionado para mercados americanos, europeos y asiáticos que son los más grandes consumidores. Sólo

en la Comunidad Andina hubo un éxito parcial, en el resto del mundo no, y eso hace que sea muy difícil mostrar al consumidor la diferenciación del grano de Quinua Real boliviano.

A esto se suma el problema de que toda la región boliviana en la que se produce quinua, son áreas en las que el esquema jurídico no permite la inversión privada porque las comunidades son dueñas de sus tierras que solamente pueden ser heredadas y pertenecen a las comunidades, pero no pueden ser tranzadas, alquiladas o vendidas ni hipotecadas. Esta situación restringe la posibilidad de salir de un esquema de micro cultivos de una, dos, cinco y en algunos casos hasta diez hectáreas y nunca habrá la posibilidad de escalar para lograr niveles de competitividad que permitan competir a nivel internacional y alcanzar la eficiencia de otros países en la producción de quinua.

Por esta razón todos los productores de quinua y las empresas beneficiadoras en Bolivia están atravesando graves problemas para competir y tienen pérdidas. Esa es la situación del sector y de la industria como tal, no es la situación más auspiciosa ni la más optimista.

La Quinua Real siempre va a poder tener un nicho, pero para acceder a ese nicho se tiene que diferenciarla, no basta con decir que es Quinua Real, se necesita que alguien la certifique como real, y asociarla con una marca, con una identidad de origen, se requiere atar las cualidades organolépticas y visuales exclusivas de ese grano a un vehículo, que hoy no existe, que pueda rodar; para lograr eso tiene que haber claridad del producto que llega a ese nicho de mercado, porque en la actualidad la Quinua Real es un concepto ambiguo, no para los bolivianos que la conocen bien, pero para los consumidores internacionales.

Quinua tropicalizada en Santa Cruz

Es una respuesta natural ante la imposibilidad de generar inversión en el altiplano para masificar la producción de quinua. Adaptar el grano a otras regiones y climas, en este caso el de Santa Cruz, porque ahí se pueden alcanzar los niveles de competitividad que permitan reducir los costos. Es una quinua que si es exitosa va a

competir de manera frontal con cualquier otro país que la produce. Tendrá dificultades para ser una quinua orgánica, van a intentarlo, pero los desafíos son enormes porque es un grano que cuando se lleva de las alturas a un clima tropical y se lo adapta se convierte en una víctima fácil de un sinnúmero de plagas que son difíciles de combatir sin insumos químicos, por ello difícilmente será orgánica.

Nuevas tendencias de los consumidores

Coronilla tiene buenos proveedores de grano de quinua y siempre han buscado relaciones de largo plazo; sin embargo, tuvieron que abrir su abanico de proveedores de materias primas. En la actualidad además de quinua, arroz orgánico, sorgo orgánico, lentejas orgánicas, frijol mungo orgánico y garbanzo orgánico, procesan muchas materias primas que ni pensaban procesar.

Esto se ha dado por las tendencias y cambios en el comportamiento de los consumidores. Los conceptos de consumo han evolucionado y fueron migrando hacia la alimentación no solamente orgánica y libre de gluten sino funcional.

Hoy en día el consumidor busca un producto orgánico y libre de gluten, pero se ha refinado mucho más. Prefiere un producto alto en proteínas o alto en fibra o bien bajo en carbohidratos o busca un producto con índice glicémico bajo.

No es el mismo consumidor, se han abierto sub segmentos de consumidores súper importantes que tienen que ver con la funcionalidad y esa es la palabra clave de hoy: "funcionalidad". El consumidor de productos Coronilla sabe que son orgánicos y libres de gluten y eso no es negociable para él, pero:

Quiere saber qué más hace mi producto por él y busca funcionalidades específicas.

Para satisfacer esa demanda de esos sub segmentos han salido del esquema solamente quinua y abrirse hacia otras materias primas que les permita cubrir esa nueva demanda.

Coronilla nunca ha vendido a los consumidores en general, siempre se ha dirigido al nicho de alimentos libre de gluten y orgánicos. Este nicho se está fragmentando en sub segmentos funcionales, ese es el mercado dentro y fuera de Bolivia. Posiblemente a nivel de porcentaje de la población sea el mismo; la gran diferencia está en la cantidad de población que tienen esos países en relación al mercado nacional. En Bolivia no es muy marcada esa fragmentación, por ahora donde se ha visto que esa tendencia crece es en el exterior.

Las líneas de productos de Coronilla son las mismas, lo que ha cambiado son las formulaciones, por ejemplo: pasta de frijol mungo, pasta de lenteja que además de quinua tiene más del 50% de lenteja en la formulación. ¿Qué tiene de especial esa pasta? Cuando se consume esa pasta por cada 100 gramos está comiendo lo mismo de proteína que se come en 100 gramos de carne porque la lenteja es una leguminosa altísima en proteína. Es así que no han evolucionado en líneas, pero sí en el desarrollo dentro de las líneas.

Las materias primas orgánicas son importadas: el arroz de Argentina, lenteja, sorgo y frijol mungo de India.

Diego Peláez Wille, hijo de Martha, es el actual Gerente General de Coronilla, quien acertadamente se pregunta:

¿Qué desafíos tendrá que enfrentar en los siguientes años y definir estrategias para mantenerse en el competitivo mercado internacional de productos orgánicos, libres de gluten y en sub segmentos más específicos y exigentes?

Caso de estudio II:

EL ENFOQUE SISTÉMICO CONTRIBUYE A LA PRODUCCIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA AGROALIMENTARIO DE LA QUINUA EN BOLIVIA¹⁶

Pedro Marcos - Ariel Miranda - Franz Miralles - Rosío Tárraga - Félix Rodríguez

Resumen

Desde su origen en las tierras altas de los andes, hasta su actual posicionamiento mundial como súper alimento de elevado valor nutricional, la quinua es también un patrimonio boliviano.

Al haberse convertido en un alimento esencial para los consumidores en todo el mundo, cultivado en más de cincuenta países, Bolivia enfrenta el desafío de mantener su competitividad en mercados internacionales e incrementar el consumo en su mercado interno, logrando una mejora en su demanda a precios justos para que las familias productoras obtengan una remuneración acorde a su esfuerzo al tratarse de un cultivo sostenible y amigable con el medioambiente. Además, que puedan acceder a innovaciones

¹⁶ **Disclaimer:** Las opiniones expresadas a lo largo del libro son de entera responsabilidad de las/los autores y no necesariamente comprometen a las instituciones que conforman el proyecto Mercados Inclusivos, así como a la Cooperación de Suecia y la Unión Europea en Bolivia.

que les permitan incrementar sus rendimientos y disminuir las importantes pérdidas que enfrentan por sequías, plagas y erosión eólica, entre otros.

Desde la experiencia del proyecto Mercados Inclusivos, financiado por la cooperación Sueca y Suiza, en este estudio de caso se comparte aquello que ha contribuido a que las familias agricultoras enfrenten los desafíos planteados con acciones diseñadas e implementadas bajo el enfoque denominado Desarrollo de Sistemas de Mercado Inclusivos (DSMI) que ha demostrado el potencial de movilizar a actores públicos y privados, contribuyendo con soluciones sostenibles, escalables y con impacto positivo en el medioambiente.

Se presentan, asimismo, experiencias de apoyo a la producción primaria, el acceso a mercados locales —que incluye la promoción del consumo— y de estrategias de diferenciación para el mercado internacional. El objetivo es brindar insumos que puedan ser útiles para los interesados en el desarrollo del sistema agroalimentario de la quinua en Bolivia.

Palabras clave: Enfoque Sistémico, Sistemas de Mercado Inclusivos, mercado nacional e Internacional, promoción del consumo.

Introducción

Las acciones desarrolladas en el proyecto Mercados Inclusivos, refuerzan una década de colaboración y trabajo conjunto entre Swisscontact y la Fundación PROINPA en el altiplano, valles y tierras bajas de Bolivia.

Mercados Inclusivos es un proyecto de las cooperaciones Sueca y Suiza, implementado por un conjunto de organizaciones sin fines de lucro y con una dinámica que moviliza las acciones de más de noventa instituciones, públicas y privadas, con el objetivo de apoyar la resiliencia económica, social y ambiental de hombres y mujeres en sistemas agroalimentarios, así como contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático.

Objetivos

Compartir la experiencia del proyecto Mercados Inclusivos en la implementación del enfoque de Desarrollo de Sistemas de Mercado Inclusivos (DSMI)¹⁷ para la mejora del sistema agroalimentario de la quinua en Bolivia.

El enfoque DSMI considera no solamente los mercados donde se comercializan los productos primarios o transformados para el mercado nacional e internacional sino, también, el mercado de servicios de información, expansión de capacidades y asistencia técnica, así como el mercado de tecnologías, de insumos, entre otros; además de las reglas o normas formales e informales que condicionan el comportamiento y las relaciones de los diferentes actores.

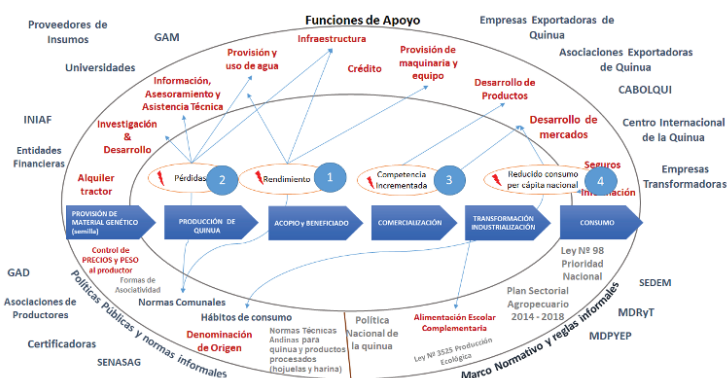
1. Aplicación del enfoque DSMI en el complejo productivo de la quinua boliviana

La aplicación del enfoque sistémico se inició con un análisis del sistema productivo de las familias agricultoras en un territorio específico, se identificaron los principales cuellos de botella en la cadena de valor y las funciones de apoyo y reglas.

Los principales cuellos de botella que se identificaron fueron: pérdidas causadas por las plagas, rendimientos decrecientes, incremento de la competencia para las exportaciones y un reducido consumo per cápita en Bolivia (ver Imagen 1).

¹⁷ <https://youtu.be/Z4t9ZPrVHa0>

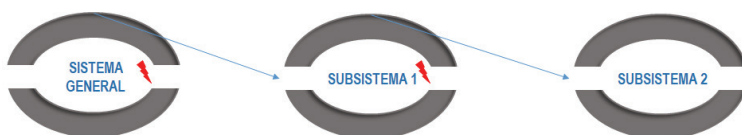
Imagen 1: Análisis con el enfoque DSMI en el complejo productivo de la quinua



Fuente: Proyecto Mercados Inclusivos, 2018.

En la perspectiva de realizar acciones con sostenibilidad, escala e impacto, se identificaron las causas subyacentes de los cuellos de botella—que generalmente trascienden a otros subsistemas—y así se plantearon soluciones innovadoras que involucran a otros actores que, desde sus capacidades y motivaciones, contribuyen a su abordaje. Las propuestas innovadoras pasan por un proceso de pilotaje de las que se obtienen resultados interesantes, se consolidan y escalan (Imagen 2).

Imagen 2: Identificación de causas subyacentes de los cuellos de botella en el sistema y subsistemas



Fuente: Proyecto Mercados Inclusivos, 2018.

El trabajo con actores de los sistemas de mercado es un eje fundamental del enfoque, donde se reconoce que los proyectos son actores de paso (temporal) y los actores públicos y privados son

los que pueden conformar un ecosistema que resuelva los cuellos de botella (u oportunidades) de manera dinámica y permanente. Así, la sostenibilidad, junto con el impacto, son las variables que orientan la realización —o no— de acciones.

La propuesta de acciones debe responder con plausibilidad las preguntas: ¿quién hace y quién paga ahora? y, ¿quién hará y quién pagará en el futuro? Como ejemplo se tiene el acceso a insumos de calidad para la producción: en un enfoque tradicional, el proyecto compra y entrega los insumos a la población meta, mientras que en el enfoque DSMI, debe encontrar la forma en la cual los insumos estén disponibles para la población meta de manera permanente y adecuada a sus necesidades.

Como resultado de los análisis mencionados, se establecieron dos grupos de acciones:

1. Acciones destinadas a abordar los cuellos de botella relacionados con el desempeño de la producción primaria y desigualdades de género afectadas por el cambio climático —pérdidas y rendimiento— con impacto directo en los ingresos de las familias agricultoras —mercados de servicios, insumos y tecnologías— y;
 2. Acciones destinadas a abordar los cuellos de botella relacionados con los mercados y la comercialización —competencia incrementada en los mercados internacionales y bajo nivel de consumo de quinua en Bolivia.
- 2. Resumen de las acciones realizadas por el proyecto Mercados Inclusivos**

2.1. Innovaciones en la producción de quinua para disminuir las pérdidas e incrementar los rendimientos

El principal actor para disminuir las pérdidas e incrementar los rendimientos de la quinua es la Fundación PROINPA, que tiene diferentes roles en el sistema:

-
- a. Investigación, desarrollo y provisión de soluciones tecnológicas —insumos biológicos y servicios de apoyo a la producción— e,
 - b. Implementación de soluciones en campo con enfoque sistémico (integrador).

Sus capacidades y motivaciones para aportar al desarrollo del sector agropecuario la convierten en una de las principales entidades implementadoras del proyecto Mercados Inclusivos, entre las que destacan:

Introducción y difusión de variedades de Quinoa Real de ciclo corto (precoces)

En un contexto de erosión eólica que causa el sobre enterramiento de la semilla y la pérdida de las siembras realizadas, permiten una resiembra en contraposición de perder la cosecha de todo el ciclo agrícola.

Es importante recalcar que la innovación no es únicamente la investigación, registro y liberación de la semilla de ciclo corto. Es, además, la puesta a disposición —venta en el mercado— del material vegetal a través las asociaciones de semilleristas o las comercializadoras de insumos agrícolas que permiten mejorar su modelo de negocio incorporando servicios de información a los agricultores sobre las características del material vegetal.

La medición de resultados que se ha realizado muestra que las variedades precoces Qanchis y Maniqueña seleccionadas para el altiplano sur y centro, son resistentes o tolerantes a enfermedades como tizón, mildiu, verruga y rosario. Reportes de rendimiento indican 1.183 y 1.514 kg/ha, respectivamente. La producción y comercialización está a cargo del proveedor local, la Organización de Productores Agropecuarios en Seguridad Alimentaria Avaroa (ORPASA).

Desarrollo y provisión de insumos biológicos que mitigan el riesgo de pérdidas por plagas manteniendo la cualidad orgánica de la quinua

Esta acción es de gran importancia porque, adicionalmente al tamaño del grano de la Quinua Real, la cualidad orgánica ha sido la única variable de diferenciación en mercados internacionales. El desarrollo de bioinsumos con enfoque industrial, y no sólo doméstico, tiene ventajas adicionales dado el alto costo de insumos importados, lo que abre oportunidades para el escalamiento del uso de bioinsumos bolivianos en otros cultivos y pisos ecológicos.

No se describen en este estudio de caso los elementos técnicos de los insumos biológicos que han sido parte de las acciones, más bien se hace hincapié en la investigación y desarrollo de una oferta a la medida de las necesidades de las familias agricultoras: tipo de plagas, costos, tamaño de envases, entre otras.

Como en diferentes acciones, los servicios incorporados a la venta: información, capacitación y asistencia técnica, tienen amplia relevancia. Adicionalmente, actores como los comercializadores de insumos agrícolas, los gobiernos locales y las empresas exportadoras tienen un papel muy relevante en la adopción de esa oferta tecnológica por parte de los agricultores.

La medición de resultados que se ha realizado muestra que el uso de bioinsumos ha tenido un efecto en el rendimiento de la quinua convencional y orgánica, incrementando en 38% en ambos casos —489 a 679 kg/ha y 953 a 1.311 kg/ha, respectivamente— con el uso de bioinsumos. Mas de nueve mil agricultores han accedido a bioinsumos que los ayudan a mejorar la eficiencia en la nutrición de las plantas y la salud, añadiendo valor en origen e incrementando rendimientos. Se evidenció el desarrollo de nuevos bioinsumos (BIOMAX) en el mercado para la agricultura familiar e industrial que, en algunos casos, sustituyen a productos importados.

Se destaca la orientación del sector privado (empresas exportadoras) que promueve la agricultura regenerativa —como Andean Valley y Jacha Inti— y, en este marco, un impulso decidido para continuar el desarrollo y difusión de insumos biológicos y/o enmiendas orgánicas que mejoran la salud del suelo.

Provisión de servicios de aspersión con drones

A iniciativa de la empresa *spin-off* de PROINPA - Biotop, también aliada al proyecto Mercados Inclusivos, se implementó un servicio piloto de aspersión con dron en la zona de cultivos de quinua. El proceso de adecuación para el funcionamiento de este servicio con drones que trabajen a una altitud de casi cuatro mil metros sobre el nivel del mar fue uno de los mayores retos técnicos. Los evidentes beneficios en términos de efectividad de la aspersión, la disminución de costos, el ahorro de agua y del esfuerzo familiar —principalmente de las mujeres en tareas como el acarreo de agua—, motivaron a otros actores, públicos y privados, a replicar este método.

Algunos resultados de esta innovación es que más de dos mil agricultores han tenido acceso a la tecnología de fumigar de manera amigable con el medio ambiente. La aplicación con dron permite un 37% de ahorro en mano de obra, 25% de ahorro de agua y 34% de reducción de costos en la aplicación de productos fitosanitarios. La eficiencia del control de plagas de la quinua (ticonas y polillas) es mayor o similar a la aplicación con mochila.

Desde el punto de vista de análisis de costos y beneficios, el uso de un dron aspersor es de Bs. 280/ha en comparación con Bs. 861/ha cuando se realiza la misma operación utilizando una mochila manual, esto representa un ahorro del 65%.

El uso de nuevas tecnologías, como los drones, ofrece grandes beneficios para los agricultores: aspersión en zonas complejas o de difícil acceso, mejora la eficiencia y la calidad de las aplicaciones, reduce un 20% el consumo de insumos agropecuarios, coadyuva a proteger la salud de las personas que trabajan en el campo al evitar la exposición directa con los agroinsumos.

2.2. Acciones para incrementar el consumo en el mercado nacional

Alimentación Complementaria Escolar (ACE) incorpora innovaciones de productos de quinua

En el marco de la implementación de la Ley No. 622¹⁸ (Alimentación Complementaria Escolar) el Gobierno Municipal de La Paz (GAMLP), a través de la Unidad de Alimentación Complementaria Escolar (UNACE), implementó el programa de alimentación complementaria escolar.

La estrategia del GAMLP para el programa de alimentación escolar incluía la promoción, participación y articulación comercial de pequeños productores y transformadores bajo dos mecanismos:

- a. Como proveedores de las empresas que entregaban las raciones diarias y;
- b. Como proveedores directos de las raciones especiales¹⁹ (Mercado, 2019).

La importancia de un programa de alimentación complementaria escolar radica en su adecuada inversión pública en la adquisición de productos altamente nutritivos para los estudiantes; en ese sentido, la compra local es una oportunidad para el desarrollo de nuevos mercados para asociaciones productivas de pequeños productores, PYMES y emprendimientos que contribuyen al desarrollo económico de los territorios.

¹⁸ Ley No. 622 del 29 de diciembre de 2014 (Alimentación Complementaria Escolar).

¹⁹ Las raciones especiales fueron entregadas en días festivos como el “Día del Niño” y “Día del Estudiante” e incluyen productos de alto valor nutritivo. Hubo un importante trabajo para que los productos sean exitosos en la población estudiantil y gocen de amplia aceptabilidad, lo cual promueve el escalamiento, pudiendo formar parte de la ración diaria, a través de su inclusión al menú.

Una agenda colaborativa entre la UNACE del GAMLP y el proyecto Mercados Inclusivos por intermedio del Comité Unidos por la Alimentación Escolar²⁰, permitió la provisión de nuevos productos transformados de quinua en las raciones diarias y especiales producidas por asociaciones productivas y PYMES.

La articulación comercial fue realizada de manera exitosa a través de Rondas de Negocios, donde la UNACE presentaba la demanda y las asociaciones productivas, PYMES y emprendimientos ofertaban sus productos. Las rondas de negocios organizadas por la UNACE, con la asistencia técnica del proyecto Mercados Inclusivos, fueron espacios valiosos de articulación comercial que generaron un diálogo para la adecuación e innovación de productos en función de los requerimientos de la UNACE y revalorizaron la quinua en la Alimentación Complementaria Escolar (ACE) del Municipio de La Paz (Imagen 3).

Imagen 3: Ronda de Negocios entre UNACE y asociaciones productivas, PYMES y emprendimientos



Fuente: Proyecto Mercados Inclusivos, 2018.

²⁰ Conformado por el Gobierno Autónomo Municipal de La Paz a través de la UNACE y la ADEL, la Gobernación de La Paz mediante el CT – CONAN, CODAN e instituciones no gubernamentales como SWISSCONTACT, HIVOS, MIGA y la Unión Nacional de Instituciones para el Trabajo de Acción Social (UNITAS).

Nuevos circuitos de comercialización: “Red Ecotiendas - La red que hace accesible lo saludable”²¹

La Red Ecotiendas es un modelo de negocio —inclusivo, innovador y sostenible— implementado por FUNDES, en alianza con Swisscontact y actores privados, mediante un circuito de comercialización y promoción del consumo responsable en tiendas de barrio y quioscos de las ciudades de La Paz y Oruro (FUNDES, 2022).

Esa iniciativa crea la primera red de tiendas de barrio y quioscos denominada “Red Ecotiendas - La red que hace accesible lo saludable” que, además de su surtido tradicional, pone a disposición de sus caseras un *mix* de productos de origen natural, saludable y orgánico.

La quinua fue utilizada como insumo en diferentes productos transformados —barras de cereales, néctares frutales bajos en azúcar, cereales, insuflados, galletas, granolas, tabletas de chocolate y fideos— que se venden en distintos puntos de venta (Imagen 4).

La Red Ecotiendas ha logrado articular a veintidós proveedores —PyMES y asociaciones productivas— y tres empresas de distribución —dos de transformados y una de productos frescos “hortalizas”—, con más de 560 puntos de venta —tiendas de barrio y quioscos— en las ciudades de La Paz y Oruro, llegando a 11.200 consumidores finales y potenciales que forman parte de una comunidad digital responsable y con propósito.

²¹ El Proyecto Red Ecotiendas 3.0 actualmente se encuentra en curso y concluirá sus acciones en mayo de 2024.

Imagen 4: Surtido de productos vendidos en las tiendas de barrio



Fuente: Proyecto ECOTIENDAS 3.0. FUNDES – Swisscontact, 2022.

Promoción del consumo de un grano ancestral Campaña Tiempos de Transformación

La campaña Tiempos de Transformación surgió como respuesta a los retos y las crisis actuales con un mensaje de resiliencia, que promovió el consumo nutritivo y resaltó aspectos positivos de los alimentos, lo que motivó a la población debido a las consecuencias de la pandemia del COVID-19 y sus efectos económicos y sociales.

Tiempos de Transformación —desarrollada entre octubre de 2020 a marzo de 2021— fue una iniciativa de Cosecha Colectiva²², a la que se sumaron los esfuerzos de otras ONG's²³ y

²² Organización viva que nace el 2019 como fruto de la experiencia de la comunidad urbana La Casa de les Ningunes y actualmente trabaja bajo el techo administrativo de la ONG Les Ningunes.

²³ Helvetas, Swisscontact, PROINPA, Hivos, Centro Internacional de la Papa, IICA, UNITAS y Chuyma Aru de Perú.

plataformas²⁴, que buscaron incidir en el incremento del consumo de alimentos nutritivos y producidos localmente, para lo que se utilizó herramientas de difusión. La campaña articuló a diversas iniciativas generando un trabajo colaborativo y complementario con emprendimientos sostenibles que impulsaron el consumo de quinua, amaranto, tarwi, cañahua y papa nativa.

La campaña hizo énfasis en varios mensajes relevantes:

- Énfasis en quinua, amaranto, tarwi, cañahua y papa nativa, lo que permitió conocer sus propiedades, beneficios, distintas formas de preparación y los lugares dónde adquirirlos.
- Historias, filosofía y valores de las personas que trabajan en la producción de alimentos y en emprendimientos innovadores —transformación y gastronomía— que los utilizaron para la creación de productos y llevarlos al consumidor.

Valores que motivaron a muchas personas a actuar con resiliencia usando la alimentación y que inspiraron a muchas más a seguir ese camino de transformación.

Las acciones realizadas en la campaña fueron: sesiones virtuales participativas que permitieron interactuar con consumidores, juegos y retos en las redes sociales y festivales virtuales para promover el consumo responsable de alimentos.

En redes sociales se llegó a más de 200.000 personas con más de 24.000 interacciones y 15.000 personas sensibilizadas, generándose varias herramientas de comunicación como videos, infografías y otros (De la Rocha, 2021). Se estableció una articulación comercial con productores locales, comercializadoras y empresas de transformación de alimentos. Además, hubo un movimiento económico por ventas para productores, empresas transformadoras y emprendimientos gastronómicos (Imagen 5 e Imagen 6).

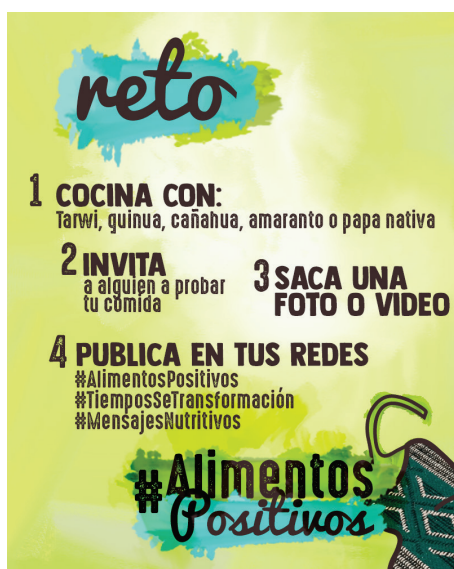
²⁴ Plataforma Nacional de Suelos.

Imagen 5: Sesión Virtual de Cocina para promover el uso de quinua y otros alimentos



Fuente: Cosecha Colectiva, 2021.

Imagen 6: Afiche publicado en Facebook para difundir el reto



Fuente: Cosecha Colectiva, 2021.

Puesta en valor del patrimonio alimentario

MIGA²⁵ es una organización que implementó un conjunto integral de acciones que contribuyeron a la puesta en valor del patrimonio alimentario que incluyó a los granos andinos, como la quinua, con las siguientes acciones:

- TAMBOOnline: se lanzó en marzo de 2020 mediante las plataformas virtuales la propuesta del TAMBOOnline para informar sobre el beneficio de la alimentación para la salud, incluyendo infografías, comida que da vida (video recetas), charlas desde la cocina y foros virtuales.
- MIGAFONOS²⁶: fortaleció el conocimiento sobre educación alimentaria y puesta en valor del patrimonio alimentario boliviano a través de diferentes medios visuales destinados a niños, niñas y adolescentes (Imagen 7).
- Publicación de la Guía Alimentaria con Inclusión de Granos Andinos y Tarwi²⁷: se puso especial atención en niñas y niños de 6 a 59 meses de edad. La pandemia del COVID-19 tuvo un impacto directo en la población y es una contribución importante para mejorar su nutrición (Imagen 8).

Imagen 7: Personajes de MIGAFONOS (Asaí, Muña, Isaño y Chilto)



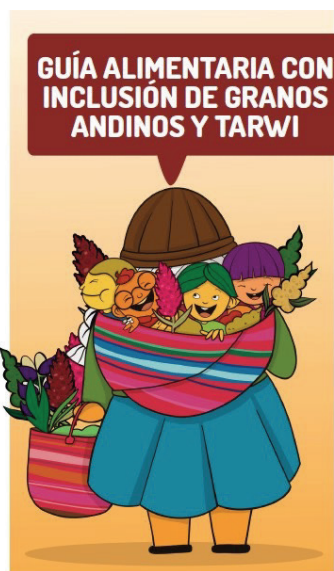
Fuente: MIGA, 2021.

²⁵ Movimiento de Integración Gastronómico Alimentario Boliviano.

²⁶ Los MIGAFONOS son una banda de música conformada por los amigos Asaí, Chilto, Isaño y Muña.

²⁷ https://miga.org.bo/wp-content/uploads/2022/07/guia_tarwi.pdf

Imagen 8: Tapa de Guía Alimentaria con Inclusión de Granos Andinos y Tarwi



Fuente: MIGA, 2021.

2.3. Acciones realizadas para incrementar las exportaciones con valor agregado en el mercado internacional en la perspectiva del incremento de la competencia

Canasta de productos para los mercados de la Unión Europea

La alianza estratégica entre Open Trade Gate Sweden (OTGS)²⁸ y Swisscontact es un buen ejemplo de Aid for Trade de la Cooperación Sueca. La estrategia Aid for Trade de Asdi²⁹ sostiene que el comercio es un motor para el desarrollo y la mejora de las condiciones de vida de las personas. Se promovió la introducción

²⁸ Open Trade Gate Sweden (OTGS) forma parte del National Board of Trade (NBT) y es una ventanilla de información para exportadores sobre mercado, normas y requisitos para exportar productos a Suecia y a la Unión Europea.

²⁹ <https://www.sida.se/en/sidas-international-work/thematic-areas/trade>

de los ingredientes naturales y los alimentos procesados en el mercado nórdico a través de mecanismos innovadores de promoción de exportaciones.

Las acciones iniciales incluyeron el desarrollo de estudios de mercado sobre los súper alimentos: quinua, sésamo, chía y almendras. Esos estudios se realizaron desde Suecia por OTGS, ante el desconocimiento del cliente e importador sueco sobre el perfil de Bolivia y de los alimentos bolivianos.

Posterior a los estudios, se inició un proceso para el desarrollo de un concepto que permitiera visibilizar la propuesta de valor de Bolivia. El proceso creativo se concretó en el concepto *Urgröda fran Bolivia*³⁰ [en sueco] o Alimentos Conscientes de Bolivia [en español] que, además de responder a las tendencias del mercado, basa su argumento en el respeto por la tierra, la preservación del agua, el no uso de pesticidas, empresas con triple impacto, no producir más de lo que se necesita, alimentar la población interna y exportar. La construcción de la identidad visual estuvo a cargo de la empresa sueca Food&Friends³¹, que generó una propuesta denominada los “Guardianes de la Diversidad”; es así como la almendra, la quinua, el café y el cacao son los héroes de la naturaleza que ayudan a preservar los ecosistemas en el altiplano y la amazonia.

El concepto *Urgröda fran Bolivia* tuvo alto impacto en los eventos de promoción: Nordic Organic Fair Trade (Malmö)³² (Imagen 9) y Gastronomic Event (Estocolmo), porque fueron desarrollados considerando el perfil y demanda de los consumidores nórdicos (Imagen 10).

³⁰ Si desea conocer más sobre el concepto aplicado en Suecia visítenos en: <https://urgroda.se/>

³¹ Food & Friends (www.foodfriends.se/) es una agencia sueca de comunicación y publicidad del sector de alimentos y bebidas. Tiene más de 25 años de experiencia en el mercado y elabora el reporte de tendencias de alimentos y bebidas más importante de Escandinavia: Matrapport.

³² Alimentos conscientes de Bolivia, concepto que identifica a los productos de la agricultura familiar en la Feria de Malmö en Suecia <https://www.swisscontact.org/es/noticias/la-agricultura-familiar-presente-en-la-feria-de-malmo-en-suecia>

Imagen 9: Stand de Bolivia (quinua y otros productos) en la Feria de Malmö en Suecia (noviembre 2022)³³



Fuente: Proyecto Mercados Inclusivos, 2022 y 2023.

Imagen 10: Evento gastronómico en Estocolmo-Suecia donde se degusta pasta de quinua (febrero de 2023)



Fuente: Proyecto Mercados Inclusivos, 2022 y 2023.

The Nordic Organic Food Fair (NOFF) es la feria especializada en alimentos y cosméticos orgánicos más grande de Escandinavia³⁴, donde se presentaron empresas bolivianas que trabajan con

³³ Bolivia 360° - Disfrute de una experiencia virtual única y viaje a Bolivia para descubrir el fascinante origen de nuestros alimentos (Salar Uyuni y Quinua Real). <https://storage.net-fs.com/hosting/7742441/3/>

³⁴ Escandinavia es la región geográfica y cultural del norte de Europa compuesta por: Dinamarca, Noruega y Suecia, en los cuales se hablan lenguas escandinavas.

quinua, almendra y procesados. El *stand* país tuvo un diseño disruptivo y muy llamativo consistente en un área de cocina en vivo que incluyó quinua, un área de reuniones y el espacio de exposición.

Por otro lado, se organizó en Estocolmo un evento gastronómico denominado *Urgröda fran Bolivia* que contó con la participación del Embajador de Bolivia en Suecia, Sr. Milton Soto, además de representantes de supermercados, HORECAS³⁵ y periodistas especializados, entre los que se mencionan a: MENIGO, ICA, Butikstrender, Livsmedelsnyheter y Tidningen Hotel. Los participantes degustaron platillos *gourmet* a base de quinua, crema de almendra y cacao, café de especialidad, además de muestras de galletas, barras de chocolate, pastas, frutas liofilizadas y almendras amazónicas.

El ingreso al mercado externo, y en especial al nórdico, no es rápido; es así que la persistencia y el entusiasmo de los involucrados en el proyecto —exportadoras, BSOs³⁶, OTGS y Swisscontact— para la implementación de mecanismos de acceso finalmente dieron frutos. Desde el año 2022 varios productos como: quinua en grano, *baby foods*³⁷, *ready to eat*³⁸, pastas y harinas se comercializan en tiendas especializadas en Suecia, Dinamarca y Noruega.

Se destaca la implementación del mecanismo *Ambassador Shop*, que promueve la venta de productos *packaging free*³⁹ con perfil orgánico, *free-from*. En la actualidad se comercializan: almendra

³⁵ HORECA es un acrónimo de HOTEles, REstaurantes y CAFes.

³⁶ BSOs – Business Support Organizations, las entidades aliadas del proyecto Mercados Inclusivos son: CADEX, CABOLQUI, CAMEX y CANEB.

³⁷ *Baby foods*, en español “alimento para bebés”, son alimentos de consistencia suave y fácil de consumir. Los procesos de fabricación (pasteurización y esterilización) deben garantizar la calidad organoléptica y la inocuidad alimentaria del producto.

³⁸ *Ready to eat*, en español “alimentos listos para consumir”. Estos productos aprovechan la innovación y tecnología de los empaques, que han permitido la conservación de productos sin necesidad de cocinarlos o someterlos algún tratamiento, favoreciendo la comodidad de su consumo.

³⁹ Productos *packaging free*, en español “productos libres de envases”. Existe una preferencia ascendente en Europa por el consumo de estos productos, debido a la preocupación del cliente por la generación de residuos y los costos asociados para su gestión y tratamiento.

amazónica, pastas y quinua en grano en diez tiendas ubicadas en las ciudades más grandes de Dinamarca —Copenhague, Aarhus y Aalborg.

Se aplicó la estrategia “punta de lanza” para la selección de las empresas y los productos con mayor potencial de acceso al mercado nórdico, con la finalidad de lograr el ingreso inicial y, posteriormente, escalarlo hacia otras empresas o productos que requieren mayor preparación para ingresar en ese mercado.

El proceso de evaluación de las empresas bolivianas fue realizado por un equipo técnico compuesto por Jenny Köpper, CEO de Food Collective⁴⁰, experta en acceso de productos a mercados *retail* y Michel Peperkamp, consultor de OTGS, experto en acceso de productos a mercados en *bulk*. La evaluación consideró criterios de competitividad y verificó *in-situ* la documentación respaldatoria de las certificaciones internacionales —calidad, inocuidad, trazabilidad y logística—, respaldó del programa de proveedores o Responsabilidad Social Empresarial. También se evaluaron los productos considerando sus propiedades nutricionales, empaque, verificando un perfil destacado: *free-from*, regenerativo, vegano, nutracéutico, *eco footprint*, etc.

Habiéndose facilitado el acceso al mercado para los productos punta de lanza —principalmente a base de quinua—, se inició un proceso de exploración para el ingreso de otros productos con perfil *climate friendly* anticipándose a la aplicación de la regulación Green Deal de la Unión Europea.

Como parte de los procesos de innovación, se ha incursionado en el desarrollo de experiencias inmersivas en el metaverso⁴¹ para almendra amazónica y Quinua Real, la que fue desarrollada por la empresa Enverse (<https://enverse.tech/>). OTGS reconoce

⁴⁰ Food Collective (www.foodcollective.se) es una agencia sueca dedicada a la introducción de productos y marcas a supermercados dentro del segmento FMCG (Fast Moving Consumer Goods) que son los bienes de consumo de alta rotación. Trabaja con firmas como: Menigo, ICA, Martin&Severa, Coop y Axfood.

⁴¹ Si desea explorar la experiencia inmersiva visítenos en: <https://urgroda.app/>

el alto impacto de esta herramienta y prevé utilizarla en ferias internacionales, además de replicarla con otros países — escalamiento.

2.4. Contribución a la estrategia de diferenciación mediante estudios científicos (Huella Digital y Caracterización Nutricional de la quinua)

Verificación de origen a través de una huella digital (Fingerprint) para la Quinua Real boliviana (revisar orden)

La Quinua Real es un producto único en el mundo y se diferencia de otras variedades por su mayor tamaño. Los compradores alrededor del mundo reconocen y valoran la Quinua Real, por lo que están dispuestos a pagar un precio mayor.

Aproximadamente desde el 2015 fueron reportados casos de comercializadores de varios países que han comprado la Quinua Real y fueron mezcladas con otras variedades para contar con un producto de mayor calidad, vulnerando los protocolos de trazabilidad y accediendo a mercados de alto valor.

En un esfuerzo conjunto entre productores, exportadores, sector público, academia y cooperación internacional, se trabajó en un sistema innovador y pionero para demostrar con un método de verificación científico – forense la trazabilidad de la Quinua Real a través de la huella digital (*fingerprint*)⁴², que garantiza el origen y autenticidad como parte una estrategia de diferenciación en los mercados internacionales.

Desde 2020 hasta principios de 2021, se implementó un programa de auditorías y se tomaron cuarenta muestras en Europa, Norteamérica y Emiratos Árabes que llegaron al cliente final a través de minoristas (*retailers*), es decir, que se comercializaba

⁴² La tecnología de Oritain analiza las concentraciones de los oligoelementos (elementos traza) en las muestras. La concentración de los elementos traza depende y está influenciada por factores geográficos y medio ambientales. Estos elementos varían geográficamente y le otorgan al producto una Huella Digital “Fingerprint” única e irremplazable que no puede ser adulterada o replicada.

con su propia marca. Se encontraron cuatro muestras que son inconsistentes con el origen de la Quinua Real boliviana y se vende como tal, aunque no cumple esa condición.

La Huella Digital para la Quinua Real ha demostrado ser muy eficaz para garantizar el origen y la autenticidad, lo cual contribuye significativamente a la estrategia de diferenciación en los mercados internacionales, logrando su posicionamiento garantizando el origen del producto y la prevención del fraude en la industria alimentaria.

Caracterización nutricional de la quinua

La quinua, en general, tiene varios atributos nutricionales que requieren ser caracterizados mediante la determinación de parámetros específicos asociados a cada uno de ellos a través de macronutrientes, micronutrientes y aminoácidos.

Se trabajó en un estudio técnico-científico innovador y pionero en Bolivia que efectuó el análisis nutricional de macronutrientes, micronutrientes y aminoácidos —en total cincuenta parámetros— y la clasificación del tamaño del grano⁴³ de muestras de distintas zonas de producción a nivel mundial, con el fin de contribuir al desarrollo de una Estrategia de Diferenciación de la Quinua Real boliviana.

Para los análisis de laboratorio, se contrató a TSI LifeScience, la que cuenta con métodos acreditados a nivel internacional, y que representa a Eurofins en América Latina y El Caribe, empresa que tiene la mayor red mundial de laboratorios acreditados con la norma ISO/IEC 17025.

Las muestras de quinua se tomaron en nueve países productores: Bolivia —Oruro y Potosí—, Perú, Estados Unidos, Canadá, China, India, Ecuador, Colombia y España, habiéndose tomado un total de

⁴³ Para la clasificación del tamaño de grano de las muestras de quinua se utilizó la Norma Andina PNA 0038. <http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/Reglamentos/NA0038-2016.htm>

trece. Con los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio, se contrató una asesoría técnica - científica⁴⁴ para revisar la coherencia de los resultados.

En la mayoría de los casos, se realizó un análisis estadístico multivariable de los principales componentes, lo que sirvió para la comparación científica de variables en muestras similares y se utilizó el lenguaje R.

Los resultados se agruparon en grupos de:

- a. Análisis proximal.
- b. Vitaminas.
- c. Minerales y metales pesados.
- d. Ácidos grasos.
- e. Aminoácidos.
- f. Tamaño de grano.

La interpretación de los resultados muestra que las quinuas Reales bolivianas se diferencian significativamente con las de otros países en cuanto a la composición de fibra dietética, minerales y metales pesados, ácidos grasos, el contenido de algunas vitaminas del grupo B y el tamaño de grano.

El estudio de caracterización nutricional ha demostrado que existen elementos diferenciadores que pueden contribuir significativamente a la Estrategia de Diferenciación de la Quinua Real en los mercados internacionales, logrando su posicionamiento.

En el marco de la agenda de colaboración con el Viceministerio de Comercio y Logística Interna (VCLI) del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (MDPyEP) y el proyecto Mercados Inclusivos, se organizó el “Evento Nacional sobre Quinua Real del altiplano sur de Bolivia Sector Productivo Agro-Industrial”⁴⁵, donde

⁴⁴ Se contrató a Mauricio Peñarrieta, profesional boliviano con un post doctorado en Química Alimentaria (Universidad de Lund en Suecia) y actualmente es Docente Investigador del Instituto de Investigaciones en Productos Naturales (IIPN) de la Carrera de Química de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA).

⁴⁵ En fecha 29 de noviembre de 2022 en el Hotel Camino Real de la ciudad de La Paz.

la Cámara Boliviana de la Quinua (CABOLQUI) hizo la entrega oficial de los resultados de los estudios estratégicos⁴⁶ al Sr. Néstor Huanca, Ministro de Desarrollo Productivo y Economía Plural del Estado Plurinacional de Bolivia. En dicho evento también estuvieron representantes de las asociaciones productivas de Quinua Real de Oruro y Potosí, entidades públicas, sector privado y ONG's (Imagen 11).

Imagen 11: Entrega oficial de los estudios estratégicos de la Quinua Real al Ministro de Desarrollo Productivo y Economía Plural, Néstor Huanca



Fuente: Proyecto Mercados Inclusivos, 2022.

A principios de diciembre de 2022 se remitieron los resultados de ambos estudios a la Dirección General de Planificación del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) y al Viceministerio de Relaciones Exteriores del Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE).

⁴⁶ Actores públicos, privados y comunitarios del altiplano sur de Bolivia reciben estudios estratégicos sobre la Huella Digital y Caracterización Nutricional de la Quinua Real. <https://www.swisscontact.org/es/noticias/actores-publicos-privados-y-comunitarios-del-altiplano-sur-de-bolivia-reciben-estudios-internacionales-sobre-la-huella-quimica-de-la-quinua-real>

Acciones de colaboración a la Denominación de Origen (DO) de la Quinua Real

Considerando la importancia para Bolivia de la Denominación de Origen (DO) de la Quinua Real como parte de una estrategia de diferenciación en los mercados internacionales, en una alianza con el Consejo Regulador de la Denominación de Origen de la Quinua Real del Altiplano Sur de Bolivia (CRDOQRAS), se contribuyó a la validación y socialización del Reglamento de Uso de la Denominación de Origen de la Quinua Real en las zonas productoras.

El CRDOQRAS implementó acciones para la trazabilidad y control de calidad en el ciclo agrícola 2018/2019 y se realizó la georeferenciación de parcelas de familias productoras de ANAPQUI⁴⁷, APQUISA⁴⁸ y CECAOT⁴⁹ en Oruro y Potosí (zona intersalar) en coordinación con actores públicos y privados.

3. Transversalización del enfoque de género en las acciones implementadas en el complejo productivo de la quinua

Las mujeres desempeñan un rol importante en la producción de quinua, contribuyendo en los sistemas agroalimentarios: seguridad alimentaria y desarrollo rural. Sin embargo, su participación en este rubro enfrenta desafíos y desigualdades de género.

De acuerdo con los resultados del diagnóstico realizado en Oruro, las productoras de quinua se enfrentan a barreras tales como el acceso a recursos. Si bien en Bolivia se ha avanzado en el registro de propiedad a nombre de la pareja, el entorno relaciona la propiedad a los hombres, salvo el caso de viudas o divorciadas; asimismo, el acceso a productos financieros es limitado a las mujeres, debido a que la oferta crediticia está dirigida principalmente a los hombres.

⁴⁷ Asociación Nacional de Productores de Quinua (ANAPQUI).

⁴⁸ Asociación de Productores de Quinua Salinas (APQUISA).

⁴⁹ Central de Cooperativas Agropecuarias Operación Tierra (CECAOT).

El acceso a servicios e insumos también denota una menor participación, debido a la sobrecarga de trabajo y disponibilidad de tiempo que tienen las mujeres, así como la ausencia de oportunidades de liderazgo. Todos esos aspectos influyen en la toma de decisiones y autonomía, sumado a los roles tradicionales de género que limitan una participación plena en el complejo productivo de la quinua.

A partir del diagnóstico de género, se impulsaron acciones concretas que promovieron la igualdad y contribuyeron al empoderamiento de las mujeres. Se promovió el acceso equitativo a recursos productivos, como la educación financiera, insumos agrícolas y tecnologías adecuadas a ellas.

Acceso a educación financiera: ha sido posible mediante la metodología del gestor financiero rural —persona que actúa de intermediario entre una entidad financiera y potenciales clientes—, implementada por la Fundación PROFIN, incorporando contenidos específicos de interés de las mujeres como costos de producción, ahorro y planificación del presupuesto.

Acceso a servicios de fumigación de insumos por dron: tecnología ofertada por Biotop de la Fundación PROINPA, ha evidenciado que la utilización de este servicio ahorra el tiempo de aplicación y, por ende, libera tiempo de las mujeres que era destinado a la preparación de alimentos para los jornaleros, acarreo de agua para la fumigación. Adicionalmente, las mujeres que acceden a servicios de aspersión mediante dron adquirieron nuevos conocimientos en el monitoreo de plagas y decidieron sobre los productos a utilizar que benefician la productividad del cultivo de quinua. La validación de estas opciones tecnológicas mediante estudios específicos con enfoque de género ha sido realizada por una joven: la primera mujer piloto de drones con incentivos del proyecto para su profesionalización.

Acceso a equipos: se trabajó con la empresa CIFEMA con el objetivo de realizar adaptaciones en ciertos equipos que permitan a las mujeres su operación y así reducir los costos de producción. La clasificación por tamaños y la limpieza de granos es una actividad

realizada por mujeres, el venteo de granos o limpieza⁵⁰. El tiempo promedio de limpieza por quintal oscila de 1,8 a 2,5 días; con la incorporación del equipo esa actividad se reduce de 18 a 20 minutos para un quintal de quinua, disminuyendo, además, en un 80% el esfuerzo físico.

Por ejemplo, para el molido de granos realizado de manera tradicional en batán de piedra se demora entre tres a cuatro días por quintal con un importante esfuerzo físico. El molino de granos permite obtener harina de quinua de calidad y reduce el tiempo a 50-60 minutos por quintal y una disminución considerable en el esfuerzo físico.

Estas tecnologías permiten mejoras concretas de la situación de las mujeres en la producción de quinua, con un enfoque integral que aborda las barreras y desafíos que enfrentan; al facilitarles el acceso a información, servicios, tecnologías y oportunidades de participación, se mejora su empoderamiento.

4. Conclusiones

- La aplicación del enfoque de Desarrollo de Sistemas de Mercado Inclusivos (DSMI) promueve la innovación, flexibilidad, trabajo articulado entre actores privados y públicos, lectura permanente del contexto y una gestión adaptativa, así como un proceso sostenido de desarrollo de capacidades en los diferentes actores con una mirada de inclusión de género, en la que las mujeres son actores trascendentales.
- El aporte a mejorar el desempeño de las Unidades Productivas Familiares (UPF) requiere una visión amplia de los mercados, es decir, donde los actores del Complejo Productivo de la Quinua comercializan sus productos, así como también aquellos donde las familias agricultoras se proveen de insumos, tecnologías, servicios y productos.

⁵⁰ Consiste en lanzar el material recién trillado (con paja, tierra, granos, impurezas) y por la acción del viento separar el grano de la paja.

-
- Las acciones de apoyo se han orientado al fortalecimiento del sistema de mercado con innovaciones en la producción de quinua orgánica que permitieron disminuir las pérdidas e incrementar los rendimientos a partir de modelos de negocio de proveedores de material vegetal de Quinua Real (semilla) de ciclo corto (precoces) y proveedores de tecnología y de insumos biológicos con una capacidad incrementada que brindan servicios incorporados —capacitación, asistencia técnica y contribución a disminuir las brechas de género— con la venta de tecnología e insumos.
 - Los cambios en el sistema de mercado se orientaron a la generación de nuevos circuitos de comercialización para productos transformados de quinua que son elaborados por PYMES, asociaciones productivas y emprendimientos; a la innovación en los propios productos transformados y a la promoción del consumo consciente y con propósito en los mercados nacionales.
 - En los mercados internacionales se han incorporado mecanismos innovadores de promoción de las exportaciones, en un trabajo conjunto con las empresas exportadoras y las cámaras que los asocian, apoyando el ingreso de productos de quinua con valor agregado y con marca propia a mercados de alta exigencia como son los nórdicos —Suecia, Dinamarca y Noruega.
 - Los estudios de caracterización nutricional y huella digital (*Fingerprint*) para la Quinua Real boliviana, contribuyen de manera significativa para la construcción de una estrategia de diferenciación en los mercados internacionales. En un contexto de mayor competencia en el mercado internacional de la quinua —la que sigue el camino de la papa, ya que se ha universalizado su producción—, Bolivia tiene el desafío de elaborar estrategias de diferenciación, incluyendo signos distintivos y conceptos de *marketing*.
 - Si bien se están desarrollando acciones para promover el consumo de la quinua en el mercado boliviano, es prioritario plantear nuevas e innovadoras estrategias para ampliar

su demanda, desde un punto de vista de la situación de las familias productoras y también desde la seguridad alimentaria de la población.

QR # 1



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a fotografías de la experiencia de Swisscontact apoyando al sistema alimentario de la quinua.

QR # 2



Ingresando al siguiente código QR podrá acceder a videos de la experiencia de Swisscontact apoyando al sistema alimentario de la quinua.

5. Referencias bibliográficas

De la Rocha, A. (2021). Informe de Desarrollo de Actividades y Alcances de la Campaña #TiemposDeTransformación (Periodo: Octubre 2020 – Marzo 2021), La Paz.

Fundación para el Desarrollo Económico y Social. (2022). Documento de Proyecto ECOTIENDAS 3.0 en el marco del proyecto Mercados Inclusivos, La Paz.

Mercado, G. (2019). Sistematización de Iniciativas de Gestión Pública de la Unidad de Alimentación Complementaria Escolar (UNACE) del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP), La Paz.

REFLEXIONES FINALES

Jorge Blajos Kraljevic - Hernán Naranjo Mejía

Esta segunda publicación de la serie a la que hemos denominado: *La agricultura boliviana del siglo XXI*, ha tomado como centro de atención a uno de los granos más representativos de la dieta andina e importantes a nivel mundial por sus características nutricionales: la quinua.

Mucho se ha dicho y escrito a lo largo de décadas y, seguramente, se continuará haciendo, pues ha sido, es, y seguirá siendo uno de los principales productos de la agricultura boliviana, de nuestra alimentación y cultura, y de nuestra relación comercial con el resto del mundo.

Al igual que otros cultivos, el universo de la quinua es fascinante y vasto, con el presente libro la UPB y la Fundación PROINPA nos han acompañado a lo largo de varias etapas relacionadas con su importancia económica, su producción, su transformación y su consumo, aportando nueva y relevante información desde una perspectiva multidisciplinaria, donde visiones económicas, estadísticas, *marketing* y logística, agregación de valor, sostenibilidad alimentaria y nutricional, comunicacionales, tecnológicas y legales se han incorporado para mostrar su complejidad y perspectivas futuras.

Se han visualizado las posibilidades de transformación que brinda la quinua para atender múltiples necesidades, mostrando su fabuloso potencial para agregar valor y dar respuesta a requerimientos de alimentación de calidad. Es así, que mucha investigación se sigue

realizando para conocer sus secretos y son varios los casos exitosos en los que empresas e iniciativas nacionales han identificado y explorado sus potencialidades. Algunas historias de estos casos han sido plasmadas en este libro.

Desde una perspectiva alimenticia, son impresionantes los aportes que este grano brinda al bienestar de quienes la consumen, ya sea en la población nacional o mundial, lo que podría convertirse en una de las respuestas a sus necesidades alimentarias y su creciente interés por proteína vegetal. El aseguramiento de una alimentación suficiente y apropiada para que las personas puedan tener una vida activa y sana, es todavía un objetivo por alcanzar y una meta de desarrollo sostenible. Es así, que la quinua tiene las características y propiedades que apoyan en el cumplimiento de esa meta, por lo cual, las iniciativas que fomenten su consumo tienen una amplia plataforma para mantenerse.

No obstante, se hace necesario tomar en cuenta que toda la cadena de valor requiere una visión enfocada en la sostenibilidad, pues no son pocos los ejemplos que han mostrado que el *boom* de la demanda de la quinua a nivel mundial ha generado efectos perniciosos en su producción, como la pérdida de la vitalidad y fertilidad de los suelos, algo que ha ocurrido en el altiplano boliviano. Es por ello, que este cultivo invita a delinear nuevas propuestas productivas que vayan de la mano con la sostenibilidad, no sólo económica, sino social y agroecológica.

En este sentido, el libro muestra iniciativas promovidas por empresas como Jacha Inti, Andean Valley y Coronilla, e instituciones como Swisscontact, UPB y PROINPA que alientan este enfoque de sostenibilidad productiva en la quinua, a través de la intensificación agroecológica y agricultura regenerativa, en los cuales el uso de bioinsumos es un componente clave.

También se resalta la indispensable articulación entre las entidades del sector público, a la cabeza del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, y del sector productivo, tales como comunidades, asociaciones y empresas. En todos los casos es necesario que las innovaciones que se promuevan sean aptas para estimular la producción, considerando la preservación de la naturaleza y que

se constituyan en opciones rentables para los productores, más aún desde la perspectiva de crecimiento de la producción en las tierras bajas.

Para quienes pretenden consolidar sus emprendimientos y deseen iniciarse en este cultivo, el libro señala alternativas de financiamiento, todas ellas en conexión con el sistema financiero boliviano, tomando en cuenta que el acceso a recursos económicos es uno de los cuellos de botella que enfrenta la agricultura en general.

Continuando con las publicaciones de la UPB y la Fundación PROINPA, parte de la información está acompañada con códigos QR y marcas para visualizaciones de realidad aumentada buscando, de esta manera, que la experiencia de lectura sea más interesante y extensa. La información se complementa con bases de datos, documentos, manuales técnicos, recursos audiovisuales, enlaces de internet, etc., para que el lector interactúe con su contenido y tenga una experiencia enriquecedora.

Como detalle innovador, se ha incluido un anexo sobre Inteligencia Artificial (IA) y su uso, tomando en cuenta que este recurso tecnológico ha tenido un impacto fundamental en la sociedad, sin ser la agricultura una excepción y donde, por cierto, las posibilidades de aplicación parecen no tener límite y recién inician.

La UPB y la Fundación PROINPA esperan que este libro le haya sido de utilidad y satisfecho sus inquietudes sobre el fascinante mundo de la quinua. Aprovechamos para invitarlo a explorar los nuevos libros que publicaremos: Soya y Vid.

Muchas gracias por acompañarnos en estas búsquedas que tienen un carácter científico, lo que nos permite conocer más y mejor aquellos productos que son nuestra base alimenticia.

ANEXOS

Anexo I

LA QUINUA COMO UNA INSTITUCIÓN JURÍDICA MILENARIA, POSITIVA Y METAJURÍDICA EN LA LEGISLACIÓN BOLIVIANA

Federico Fernández Muñecas

Antecedentes históricos de la quinua como una institución jurídica

La quinua desde el punto de vista jurídico es, definitivamente, una "Institución Jurídica" propia, autónoma, positiva e, incluso, en alguna medida, imperativa y de tratamiento pluralista, la cual debemos entender en la siguiente dimensión conceptual:

Cada rama del Derecho es una institución jurídica. De un análisis sucesivo del Derecho, desde lo más general hasta lo más específico, como la patria potestad en la familia, se advierte que hay instituciones que son partes de instituciones más amplias y generales, pero que, sin embargo, tienen cierto grado de independencia y autonomía. No obstante

esto, Savigny afirma que todas las instituciones jurídicas están ligadas a un sistema jurídico y, por ello, sólo pueden ser comprendidas por completo dentro del contexto de ese sistema ("La institución jurídica" - Andrés Cusi Arredondo, s. f.).

Es así que, en base a lo anteriormente expuesto, como una primera afirmación categórica, podemos mencionar que la quinua en el ecosistema jurídico boliviano es una institución jurídica que ha sido desarrollada desde tiempos milenarios y que actualmente aún continúa siendo positivada en diversos niveles del Estado, a través de leyes, decretos, normas, usos y costumbres.

A lo largo del presente texto se realizará una aproximación de esta institución jurídica desde varias perspectivas del Derecho, en un inicio desde una visión eminentemente Pluralista, luego acudiremos al positivismo legal el cual ayudará a comprender a la quinua como el promotor de varias normas y producciones normativas y también formales en el Estado Plurinacional de Bolivia, asimismo, podremos a partir de esa aproximación efectuar un relevamiento vinculado a uno de los temas más complejos en esta materia, como es la biopiratería y contrabando de la quinua y su clara conexión con el Derecho Penal. Finalmente procuraremos realizar una revisión del Derecho Ambiental, Derecho Internacional, aplicando una técnica de Derecho Comparado.

En ese sentido con la aclaración doctrinaria anteriormente expuesta le damos su verdadero lugar dentro del espectro jurídico.

De inicio se debe reconocer que la quinua ha dado lugar a una multiplicidad de estructuras normativas formales y no formales (Arias, s. f.), entre las cuales la más antigua que podemos rememorar es la LEY DEL INCA (Basadre, 1934), la cual, como es de conocimiento de los historiadores de derecho y los científicos sociales, se basaba en una transferencia de conocimiento o reglas de conducta a través de la comunicación de generación en generación, en un ejercicio de las cosas oídas y las cosas recordadas (*scuti* o *smriti*) o, simplemente, el "Saber" al cual

hacen referencia los antiguos cronistas como Pedro Cieza de León. En todo caso a los efectos de este trabajo, la quinua desde la perspectiva legal desde los tiempos inmemoriales generó normas no escritas. En un inicio la legislación incaica establecía que la quinua no podía ser de consumo de todos los integrantes de la comunidad o de la sociedad inca y que sólo estaba reservado su consumo a la alimentación del INCA¹ o de la nobleza incaica, en sus roles de divinidades del Imperio, este aspecto permanecería así, por lo menos hasta la llegada de la colonización española, en la cual este privilegio se diluye y la quinua trasciende a la población en general, como a la colonizadora, desde el 1500 donde se generó el choque de las dos culturas y el ingreso de la colonización a la nueva tierra nativa (Gisbert, 2019).

Es así que nuestra primera aproximación histórico jurídica respecto de la quinua desde el punto de vista legal, nos transporta a los orígenes del imperio Incaico, donde la legislación no escrita de la Ley del Inca, da cuenta que este alimento era privilegio de los dioses como Inti y Mamá Ocllo, en los reinados y tiempos de Manco Kapac, los últimos Virachochas, Tunupa Lloqui Yupanqui tito Cusi, Yaguar Guaca, entre otros; sin embargo esta situación de acceso limitado a la quinua, establecido en las normas no escritas del Imperio Incaico, iría cambiando paulatinamente, pasando diversos momentos hasta llegar a transformarse en una institución metajurídica.

En mérito a lo expuesto, se puede establecer que jurídicamente la quinua en un origen legal, ciertamente es un alimento de consumo restringido por normas como la Ley del Inca, la cual permitía que sólo el Rey Inca y a la nobleza incaria podían gozar de este alimento, aspecto que es confirmado por diversos cronistas como Cieza de León, Tito Cusi Yupanqui, entre otros.

¹ El Inca es considerado, en la cultura incaica, el representante de los Dioses Incas en la tierra, en este caso, era la representación del Dios Inti, según la mitología incaica.

Aproximación de la quinua y su relación con la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia de 2009

Otro de los aspectos que no puede estar ausente en el contenido de este trabajo, es el relativo a la íntima relación que tiene la quinua con la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. Al respecto, debemos tomar en cuenta que el cambio de matriz jurídica que experimentó Bolivia el 7 de febrero de 2009², restableció la conexión *metajurídica* de la sociedad con los saberes, usos, costumbres, tradiciones, alimentos y cosmovisión originarios desde el propio “Viscachani”, trascendiendo la colonización y llegando hasta nuestros días, tal es así que el preámbulo constituyente aprobado por la Asamblea Constituyente restableció esta relación con el siguiente enunciado:

En tiempos inmemoriales se erigieron montañas, se desplazaron ríos, se formaron lagos. Nuestra amazonía, nuestro chaco, nuestro altiplano y nuestros llanos y valles se cubrieron de verdes y flores. Poblamos esta sagrada Madre Tierra con rostros diferentes, y comprendimos desde entonces la pluralidad vigente de todas las cosas y nuestra diversidad como seres y culturas. Así conformamos nuestros pueblos, y jamás comprendimos el racismo hasta que lo sufrimos desde los funestos tiempos de la colonia (Bolivia, 2009).

La parte inicial del texto constitucional a través del cual se comprende la visión del país se halla en la “Exposición de Motivos”, también denominada “preámbulo constitucional”, el cual es la explicación de la voluntad fundamental del Soberano, misma que le da pie a la parte dogmática y orgánica de la legislación constitucional, en otras palabras, la exposición de

² El 7 de febrero de 2009, entraba en vigencia la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia, refundando el país, dejando la filosofía constitucional de la República, para ingresar a lo que se denominaría el Estado Plurinacional de Bolivia. Esta fecha es de suma importancia, debido a que la nueva visión a partir de la Asamblea Constituyente le daba a Bolivia una nueva forma de entender sus fundamentos jurídicos, los cuales serían el referente a seguir para toda forma de iniciativa posterior.

motivos o preámbulo, explica cuál es el sentimiento, pretensión y la voluntad de un pueblo, lo cual posteriormente dará lugar a la redacción literal de los artículos del texto de la CPE, mismos que serán la base para construcción de leyes, decretos y otras normas de cumplimiento obligatorio y de menor jerarquía.

En el caso de la CPE del 2009, en el preámbulo constitucional se puede observar el restablecimiento de la pluriculturalidad y la reconexión jurídica con la filosofía de la sagrada “Madre Tierra”, la cual lleva consigo el vínculo indisoluble entre la persona y lo que la tierra nos provee y el respeto que debemos profesar a esta relación plural-jurídica que llega a ser casi sagrada, ya que no se admite en el ámbito actual constitucional a la tierra o a sus derivados como la quinua como factores de producción al estilo de Adam Smith (Adam Smith. Biografía, s. f.), sino que se le otorga un rango “con vínculo maternal y sagrado”, con todo lo que ese término significa y como una institución jurídica propia del Pluralismo Constitucional, donde la producción de la Madre Tierra tiene que ser entendida más allá del positivismo jurídico, y ser visualizado a partir de esa relación milenaria y ancestral que hoy en día es plenamente reconocido por la CPE.

Este elemento filosófico constitucional permitió que la parte positiva de la CPE, desarrolle un concepto progresista el cual está vinculado a la “Soberanía Alimentaria”, que debe ser entendida bajo el siguiente concepto:

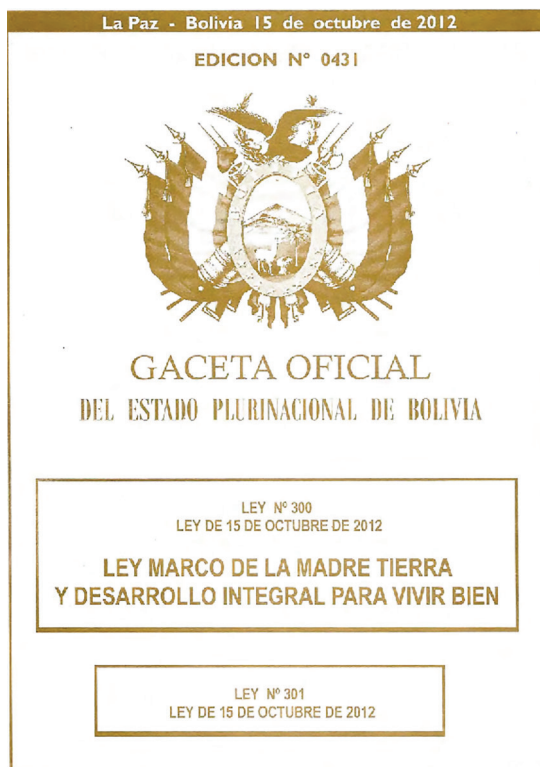
La soberanía alimentaria es el DERECHO de los pueblos, de sus Países o Uniones de Estados a definir su política agraria y alimentaria, sin *dumping* frente a terceros países. La soberanía alimentaria incluye: priorizar la producción agrícola local para alimentar a la población, el acceso de los/as campesinos/as y de los sin tierra a la tierra, al agua, a las semillas y al crédito. De ahí la necesidad de reformas agrarias, de la lucha contra los OGM (Organismos Genéticamente Modificados), para el libre acceso a las semillas, y de mantener el agua en su calidad de bien público que se reparta de una forma sostenible; el derecho de los campesinos a producir alimentos y el de los

consumidores a poder decidir lo que quieren consumir y, cómo y quién se lo produce; el derecho de los países a protegerse de las importaciones agrícolas y alimentarias demasiado baratos a unos precios agrícolas ligados a los costes de producción: es posible siempre que los países o las Uniones tengan el derecho de gravar con impuestos las importaciones demasiado baratas, que se comprometan a favor de una producción campesina sostenible y que controlen la producción en el mercado interior para evitar unos excedentes estructurales; la participación de los pueblos en la definición de política agraria; el reconocimiento de los derechos de las campesinas que desempeñan un papel esencial en la producción agrícola y en la alimentación (Pierrick, 2003).

En Bolivia, la Soberanía Alimentaria no es más que liberación de la dependencia de alimentos que vengan del extranjero y la férrea decisión jurídica de apostar a alimentos milenarios, como la quinua, reinstalándolo a la cadena alimentara de nuestra población como un elemento fundamental para la salud.

A través de esta nueva visión constitucional, la quinua dentro del ecosistema de la Soberanía Alimentaria recobra un reconocimiento fundamental y es parte de normas emitidas por el Órgano Legislativo y Ejecutivo, como la Ley No. 71 de Los Derechos de la Madre Tierra del 21 de diciembre de 2010, y la Ley No. 300 del Marco de la Madre Tierra y Desarrollo Integral para Vivir Bien del 15 de octubre de 2012, donde se hace visible que los alimentos originarios, como la quinua, tendrán una protección constitucional y un apoyo jurídico importante en todos los ámbitos del Derecho.

Imagen I.1: Ley No. 301 Marco de la Madre Tierra del 15 de octubre de 2012. Publicación Gaceta oficial de Bolivia 2012
Ministerio de la Presidencia



Fuente: Gaceta oficial de Bolivia, 2012.

Con el objetivo de demostrar la hipótesis anterior, a continuación extractamos los aspectos de mayor relevancia contenidos en la CPE para la protección de la quinua en un marco de Soberanía Alimentaria:

Artículo 405. El desarrollo rural integral sustentable es parte fundamental de las políticas económicas del Estado, que priorizará sus acciones para el fomento de todos los

emprendimientos económicos comunitarios y del conjunto de los actores rurales, con énfasis en la seguridad y en la soberanía alimentaria.(...)

Artículo 406. I. El Estado garantizará el desarrollo rural integral sustentable por medio de políticas, planes, programas y proyectos integrales de fomento a la producción en general (...)

Artículo 407. Son objetivos de la política de desarrollo rural integral del Estado, en coordinación con las entidades territoriales autónomas y descentralizadas: 1. Garantizar la soberanía y seguridad alimentaria, priorizando la producción y el consumo de alimentos de origen agropecuario producidos en el territorio boliviano.

Es así que se observa que del extracto constitucional anteriormente referido, se acoge cómodamente a la quinua y le ofrece un ambiente legal que le permite poder desarrollarse normativamente, siendo así que, a partir de estas normas constitucionales, legislativas, ejecutivas, departamentales y municipales, le darán la posibilidad de ser un generador de producción jurídica.

A esta cualidad a través de la cual un determinado objeto de derecho, como en este caso la quinua, halla una resonancia o reflejo muy claro en el texto de la Constitución Política del Estado, se denomina la subsunción constitucional o Principio de legalidad constitucional, que es una cualidad privilegiada, ya que facilita la producción de iniciativas legislativas en todos los ámbitos legales, como ser el Órgano Legislativo, Ejecutivo, Judicial y, asimismo, en otro tipo de ámbitos donde se produce normatividad, como ser las autonomías departamentales o municipales, e incluso las pluralistas.

En conclusión de este acápite donde se ha relacionado a la quinua con la CPE del 2009, se puede decir que ello da pie y fundamento para la producción de normas positivas de menor jerarquía lo cual facilita su iniciativa, producción, discusión y, eventualmente,

su ingreso en el conjunto de normas que forman la economía jurídica boliviana, tal como se observa en el siguiente apartado de análisis desde la perspectiva legal.

Desarrollo normativo positivista de la quinua

Desde sus orígenes, la quinua como institución jurídica ha sido promotora de una gran cantidad de normas las cuales han sido promovidas desde los órganos Legislativos, Ejecutivo e, incluso, en las Autonomías Constitucionales.

En ese sentido, a continuación demostramos cual ha sido la producción normativa y legislativas de la quinua en Bolivia, haciendo un relevamiento que incluye la gestión hasta marzo de 2023.

1. El Decreto Supremo No. 11035 del 17 de agosto de 1973 que autoriza al Instituto Nacional del Trigo para que de los Dieciséis Millones Quinientos Mil Bolivianos (Bs. 16.500.000) que se le han otorgado en préstamo en virtud del D.S. No. 10932 de 22 de junio de 1973, utilice la suma de tres millones de pesos bolivianos para la adquisición y distribución de quinua entre los industriales molineros del país, a fin de que elaboren harina de trigo mezclada con quinua en los porcentajes indicados.
2. Decreto Supremo No. 12187 del 17 de enero de 1975, a través de la cual todas las empresas molineras procederán a mejorar la harina de trigo por los menos en un 5% adicional con harina de quinua.
3. El Decreto Supremo 19986 del 9 de enero de 1984 por el cual se instituye una Comisión técnica interinstitucional para el estudio de las fuentes de agua de Quinuamayu, Yapayapa y Umajalanta.
4. La Ley No. 1921 del 26 de noviembre de 1998, por el cual se declara patrimonio cultural, genérico y cultural de Oruro y de Bolivia, como parte del mundo Andino a la quinua.

-
5. Ley No. 2141 del 25 de octubre de 2000, por el cual se declara a Salinas de Garci Mendoza de la Provincia Ladislado Cabrera del Departamento de Oruro como Capital de la Quinua Real de Bolivia.
 6. La Ley No. 2686 del 13 de mayo de 2004, se declara de prioridad nacional y regional para Oruro, la búsqueda de mercados y la exportación de productos orureños, como quinua, camélidos, haba, cebada, hortalizas de altura, artesanía, textiles y otros.
 7. La Ley 3024 del 13 de abril de 2005, se declara de prioridad nacional y regional, la construcción y funcionamiento de una planta procesadora de quinua en la provincia Salinas de Garci Mendoza del departamento de Oruro.
 8. La Ley 98 del 22 de marzo de 2011, declara de prioridad nacional la producción, industrialización y comercialización de la quinua en las regiones que posean esta vocación productiva en el país.
 9. Ley No. 395 del 26 de agosto de 2013, se constituye el Centro Internacional de la Quinua (CIQ) con sede en Bolivia, como entidad pública del nivel central con el objetivo de contribuir a la soberanía y seguridad alimentaria, lucha contra el hambre, la desnutrición y la pobreza a través de la investigación científica y actividades relacionadas con la producción e industrialización sustentable de la quinua y especies afines.
 10. Decreto 1927 del 12 de marzo de 2014 Reglamenta la Ley No. 395, del 26 de agosto de 2013, para la implementación y funcionamiento del Centro Internacional de la Quinua (CIQ).
 11. Decreto Supremo Nro. 2490 del 19 de agosto de 2015, autoriza al CIQ, entidad bajo tuición del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, la compra de una vagoneta 4x4, tipo estándar, para uso operativo en actividades de traslado del equipo técnico, a fin de realizar talleres

de socialización, capacitación y coordinación con los productores de quinua de los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí.

12. Decreto Supremo No. 3765 del 2 de enero de 2019 que A) Autoriza al Ministerio de Economía y Finanzas Públicas a realizar aporte de capital a la Empresa Boliviana de Alimentos y Derivados (EBA) para la implementación del proyecto "Planta Industrializadora de la Quinua Boliviana", ubicada en el municipio Paria, provincia cercado del departamento de Oruro; B) Califica la concordancia con los fines y funciones esenciales del Estado, la implementación del proyecto "Planta Industrializadora de la Quinua Boliviana" en el marco de la Ley No. 866, de 12 de diciembre de 2016.
13. Ley No. 1483 del 11 de noviembre de 2022, aprueba la transferencia, a título gratuito, de un bien inmueble, con una superficie de 10.000 m², de propiedad del Gobierno Autónomo Municipal de Santiago de Andamarca, ubicado en la avenida Patak Chuta, zona noreste del distrito de Orinoca del municipio de Santiago de Andamarca, provincia Sur Carangas del departamento de Oruro, a favor de la Empresa Boliviana de Alimentos y Derivados (EBA), con destino exclusivo para la construcción y equipamiento de un centro de acopio para el proyecto "Implementación de la Planta Industrializadora de la Quinua Boliviana", de conformidad a la Ley Municipal N° 011/2021, promulgada el 5 de octubre de 2021, por el Gobierno Autónomo Municipal de Santiago de Andamarca.

Tal como se evidencia, el acompañamiento normativo y legislativo en diversos momentos de la historia boliviana, permiten demostrar que existe una atención consciente y permanente de la quinua como una institución jurídica y la creación de las leyes, decretos, resoluciones y otros géneros de normas primarias y secundarias. Este fenómeno jurídico demuestra que el positivismo es paralelo con la producción legislativa.

La quinua y el derecho medio ambiental

Sin lugar a dudas otro aspecto en el que ingresa la quinua con una personalidad fuerte es la vinculada a su relación con el derecho medio ambiental. En ese sentido, tal como es expuesto en el contenido del presente trabajo, existe una amplia gama de normas positivas (leyes, decretos supremos, resoluciones, etc.) que reconocen su importancia, pero desde la perspectiva del derecho medio ambiental boliviano, la quinua tiene una peculiaridad muy nítida, tal como desarrollaremos a continuación. Para abordar la quinua desde la perspectiva bio-ecológica, en principio debemos recordar lo que se entiende por Derecho Ambiental:

El Derecho Ambiental es el conjunto de normas jurídicas que regula las actividades y comportamientos humanos que pueden dañar directa o indirectamente el medio ambiente. Su finalidad es tanto prevenir esos daños como poner los medios para repararlos en caso de que se produzcan y determinar los responsables de esas acciones lesivas (Derecho Ambiental, s.f.).

Existen tres momentos jurídicos muy importantes: el primero, se da en 1972 cuando por primera vez la comunidad internacional reconoce la necesidad de discutir sobre la problemática del medio ambiente como una preocupación mundial, lo cual tendría su zenit en la originaria y fundadora “Convención de Estocolmo de 1972”, momento en el cual se entendía que la relación del ser humano con el medio ambiente estaba basada en un eje de entendimiento antropocentrista, lo cual significa que el bien de mayor protección por el Derecho Medio Ambiental, era el Hombre, entendiendo esta palabra en su alcance de género (hombre mujer, mujer hombre). Según esta teorización, al abordar la problemática ambiental y generar normas de orden positivo, debía tenerse en cuenta que el “hombre” sería el centro sobre el cual giraría la producción legislativa y de las normas legales, lo cual se cumplió durante dos décadas, donde la producción de las normas legales ponía al hombre como el centro del ecosistema jurídico ambiental.

Una segunda visión que se tiene fue la biocentrista, que adoptó su génesis con la “Convención de Río de 1992”:

Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, habiéndose reunido en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992, reafirmando la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, y tratando de basarse en ella, con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial, reconociendo la naturaleza integral e interdependiente de la Tierra, nuestro hogar (División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, s. f.).

La visión de Río 92 establece que la producción jurídico ambiental tomará como eje a la *vida* en *latu sensu*, y ya no siendo el “hombre” el centro sobre el cual girará la producción de las normas, en esta doctrina se pone en un mismo lugar y jerarquía normativa a toda forma de vida, donde un alimento, un animal o incluso un insecto tiene la misma ponderación ante la valoración de la ley que el hombre, como se podrá observar un cambio de visión absoluto, el cual es defendido hasta nuestros días por diversos juristas biocentristas.³

La tercera visión es la que defiende a la vida o toda forma de existencia como en este caso a la quinua en una perspectiva “metajurídica”. Esto se debe entender desde la perspectiva en la que el Derecho Ambiental considerará al hombre y a los seres vivos como un motivo de protección, que va más allá de lo jurídico-positivista, llegando a la órbita de una especie de

³ Esta corriente de pensamiento, es una creencia que afirma que todos los seres vivos, tanto plantas y animales como el ser humano, merecen la misma consideración por el mero hecho de ser seres vivientes por tener la vida como elemento común. Es la corriente contraria al antropocentrismo.

lusnaturalismo Ambiental. Según la metajuricidad, algunas instituciones jurídicas, como la quinua, ingresan a la esfera de los valores de razonamiento superiores, no quedándose en el contenido de las leyes. Esta tendencia no es ajena a Bolivia, ya que hoy en día todas sus formas de derecho le da un reconocimiento importante a los “Saberes Ancestrales” no necesariamente positivados.⁴

En este punto, la gran pregunta que nos podemos hacer, es: ¿Dónde queda la quinua en estas tres formas de visualizar el Derecho Ambiental? La respuesta puede ser compleja, pero tal como se observa, el Estado Plurinacional de Bolivia generó leyes como la Ley de la Madre Tierra y la Ley de los Derechos de la Madre Tierra, en cuyo contenido material se observa que la producción de la tierra no es un factor de producción solamente, sino que jurídicamente se reconoce el vínculo que existe más allá de lo estrictamente legal. Según el Pluralismo Jurídico de la Constitución Política del Estado, que posteriormente dará lugar a la Ley de Deslinde Jurisdiccional, el saber milenario y cosmovisional es totalmente admitido, de ahí se puede desprender una conclusión casi natural.

La quinua en el Derecho Ambiental boliviano, es hoy en día una institución que tiene un lugar preferencial en la metajuricidad del Derecho Medioambiental, lo cual se observa en las siguientes normas: Ley No. 071 de los Derechos de la Madre Tierra o la Ley No. 300 Marco de la Madre Tierra, donde se observa que no es sólo un alimento de gran importancia para la cadena y soberanía alimentaria, sino que su existencia y la relación que debe tenerse con ella es de respeto por su origen sagrado, que el tiempo le ha dado el título de “Quinua Real”.

⁴ La medicina tradicional, que hoy en día está reconocida así como los médicos curanderos de práctica milenaria, como yatiris, curacas o mama matronas, aspecto que fácilmente puede verificarse en el Decreto Supremo No. 2436 del 1 de julio de 2015.

La quinua y la biopiratería

Como en todo género de razonamiento jurídico, las normas sustantivas pueden generar un cinturón de protección muy fuerte sobre un elemento jurídico como la quinua, sin embargo, y no obstante la sobrecarga de protección normativo-sustantiva que puede existir, no es menos cierta, que como una certeza sociológica, siempre existirán los contraventores, delincuentes o criminales que afecten bienes jurídicamente protegidos como el caso de la quinua.

En este punto del análisis jurídico de la quinua, debemos aproximarnos a una realidad que no puede ser desconocida y que también circunda en su ecosistema jurídico. Para ello, vamos a invocar la siguiente cita, la cual nos dará un panorama introductorio muy interesante en relación a la biopiratería:

Un ejemplo clásico de una mano no sabiendo lo que la otra está haciendo fue revelado el 16 de julio de 2009 cuando Zoraida Portillo de SciDev. Net reportó que Perú había negado patentes a Francia, Japón, Corea del Sur y Estados Unidos porque sus nuevos productos fueron desarrollados utilizando conocimientos de la Medicina Tradicional. Los rechazos emanaron de la Comisión Nacional Contra la Biopiratería que fue advocate en el Foro del Congreso Peruano de 2004 y activado bajo Ley 28216. Sin embargo, el reporte de Portillo terminó citando Michel Pimbert del Instituto Internacional del Desarrollo y del Ambiente: "Sería ingenuo pensar que gobiernos nacionales automáticamente compartirán con comunidades locales cuando la biopiratería es prevenida o la compensación es obtenida". Dicho eso, en 2010, peticiones para 69 plantas estuvieron bajo investigación, 17 casos de biopiratería habían sido identificados y siete peticiones fueron desaprobadas (Smallwood 2011:36-37). En el foro del Congreso del 2004 que resultó en la formación de la Comisión una variedad de asuntos importantes fueron discutidos, incluyendo la propiedad intelectual

(Bazán 2005: 21- 35); la biopiratería norteamericana de la quinua, un cereal de alta proteína (Caillaux 2005: 36- 47)); la ley para la protección de la biodiversidad peruana y los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas (2005: 48-49); y los esfuerzos para anular la patente norteamericana para la maca que se usa contra la impotencia (Venero 2005a: 50-55). Brevemente notado fue el asunto de alimentos genéticamente modificados (Agurto 2005: 71-72), un tema preocupante que el foro anticipó iba a salir como un resultado del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos que Perú estaba negociando en ese tiempo. Se espere que, durante todas estas deliberaciones, hoy y en el futuro, las palabras siguientes del panelista Jorge Agurto (2005: 71) sean recordadas: El problema que subyace de la biopiratería es el del reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas y comunidades. Muchas veces estos han quedado excluidos y marginalizados de las políticas de los gobiernos. Incluso el día de hoy podemos encontramos con congresistas que desconocen la existencia de los pueblos indígenas o no los reconocen como titulares de derecho. Es imposible hablar de biopiratería si no defendemos a los titulares de muchos de los recursos genéticos, a aquellos que han logrado la domesticación, el conocimiento, la tecnología para utilizar sosteniblemente la biodiversidad. Ellos son titulares también del consentimiento informado previo, derecho fundamental para conocer cuáles son los objetivos de la exploración y la explotación de sus recursos y conocimientos tradicionales y las consecuencias o beneficios potenciales que puede traer el uso industrial, comercial o científico (Bussmann & Sharon, 2018).

Tal como se observa en el texto expuesto, revela la existencia totalmente nítida de un concepto asociado al robo o piratería. En lo que Bolivia respecta, es necesario considerar que los delitos ambientales han sido tipificados en el texto constitucional bajo un

formato de imprescriptibilidad, lamentablemente esos esfuerzos no han sido suficientes para lograr que la acción punitiva del Estado pueda afectar importantemente la conducta de los contraventores.

Tememos que la quinua sufre los impactos de la biopiratería, así como del contrabando, los cuales no hacen más que generar brechas de incertidumbre jurídica ya que los productores, al no ver eficacia para hacer valer los derechos en instancias legales, experimentan un desincentivo para su producción o, en todo caso, asumen como un riesgo propio de la operación que acciones criminales sobre esta temática que pueden quedar indefectiblemente en la impunidad. En Bolivia, si bien existe un conjunto normativo importante de protección a la quinua, no es menos cierto que hay muy pocos pronunciamientos jurídicos que hagan valer los derechos de la quinua como tal, lo cual genera un ambiente no propicio para la producción de la misma, aspecto que en su momento debe ser reparado a través de normas sustantivas y adjetivas, por las cuales se haga efectivo esta protección que ahora tiene una fisonomía de rango constitucional.

Conclusiones

Se puede decir que la quinua es una institución jurídica propia, ampliamente reconocida por el positivismo jurídico boliviano desde la propia CPE hasta normas de menor jerarquía, pero que en todo caso en la actualidad en la visión metajurídica en la que actualmente se halla, no es suficiente para generar una protección eficaz por parte del Estado en sus diversas instancias.

Es por ello que queda pendiente por parte de las autoridades legislativas bolivianas otorgarle a la quinua un marco de protección punitivo y no sólo administrativo.

Referencias bibliográficas

Adam Smith. Biografía. (s. f.). Recuperado 18 de marzo de 2023, de <https://www.biografiasyvidas.com/monografia/smith/>

Arias, V. (s. f.). Relación entre reglas formales e informales en la gestión de conflictos organizativos: Estudio de caso desde el Análisis de Desarrollo Institucional.

Bussmann, R. W., & Sharon, D. (2018). Plantas medicinales de los Andes y la Amazonía—La flora mágica y medicinal del Norte del Perú. *Ethnobotany Research and Applications*, 15. <https://doi.org/10.32859/era.15.1.001-293>

Cultura Viscachani (Bolivia). (s. f.). Recuperado 18 de marzo de 2023, de <https://bo.reyqui.com/2016/09/cultura-viscachani-bolivia.html>

Derecho ambiental: ¿en qué consiste y cuál es su aplicación? (s. f.). UNIR. Recuperado 19 de marzo de 2023, de <https://www.unir.net/derecho/revista/derecho-ambiental/>

División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. (s. f.). Recuperado 19 de marzo de 2023, de <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

LA INSTITUCIÓN JURÍDICA - ANDRÉS CUSI ARREDONDO. (s. f.). Andrés Eduardo Cusi Arredondo. Recuperado 11 de marzo de 2023, de <https://andrescusi.blogspot.com/2018/09/la-institucion-juridica-andres-cusi.html>

Landeros-Olvera, E., Salazar-González, B. C., & Cruz-Quevedo, E. (2009). La influencia del positivismo en la investigación y práctica de enfermería. *Index de Enfermería*, 18(4), 263-266. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1132-12962009000400011&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Nations, U. (s. f.). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo 1972 | Naciones Unidas. United Nations; United Nations. Recuperado 17 de marzo de 2023, de <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>
Pierrick. (2003, enero 14). Qué significa soberanía alimentaria ? - Via Campesina. Via Campesina Español. <https://viacampesina.org/es/quignifica-soberanalimentaria/>

Anexo II

INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Alberto Grájeda Chacón¹

Introducción a la inteligencia artificial (I.A.)

Durante cientos de años los humanos hemos tratado de comprender cómo funciona nuestro cerebro, cómo pensamos, percibimos, comprendemos y tomamos decisiones (Russell, 2010). La I.A. es una disciplina de la informática que tiene como objeto primordial “imitar la inteligencia humana mediante la utilización de programas de computadora”, que en realidad, se podrá constatar más adelante en este capítulo, va más allá de solamente un conjunto de programas de computación.

De hecho, el término de inteligencia artificial no es tan moderno como parece, a mediados del siglo XX, específicamente en 1956 en la Conferencia de Dartmouth (Estados Unidos), se habló por primera vez del término I.A. que tiene como objetivo hacer que una computadora se comporte como un humano. Si vamos más atrás en el tiempo, en 1950 el denominado padre de la computación, el científico Alan Turing, escribió un artículo titulado *Computing Machinery and Intelligence*, el que presenta un reto muy interesante que consistía en que una persona

¹ Alberto Grájeda Chacón, Ph.D. Decano del Campus Virtual UPB.

pueda tener comunicación con otra supuesta persona de la que está separada por una pared. La idea era que pueda mantener una charla y que la persona no se dé cuenta que al otro lado estaba una computadora. Es así que la prueba de Turing de inteligencia artificial ha sido el desafío de muchos informáticos y científicos relacionados con el tema (Serna et al., 2017).

Desde ese entonces hasta la actualidad, se han tenido muchos avances en diferentes áreas del conocimiento, ya que existen varias importantes dentro la I.A. que se pueden aplicar en diferentes dimensiones:

- *Machine Learning*. Crea algoritmos que permiten a las máquinas aprender, existen varios tipos de enseñanza que son base como el aprendizaje supervisado, no supervisado y por reforzamiento (Alpaydin, 2020).
- *Deep Learning*. Es utilizado para grandes cantidades de datos, tiene como objetivo aprender patrones complejos y se utiliza principalmente en procesamiento de imágenes, video, voz y audio (LeCun et al., 2015).
- Redes neuronales. Como su nombre lo indica, están inspiradas en el funcionamiento del cerebro humano y consiste en nodos con pesos que se interconectan para obtener sus resultados (Haykin, 2009).
- Lenguaje natural. Permiten comprender y generar un lenguaje tal cual hablaría y escribiría una persona (Klabunde, 2002).
- *Chatbots*. Está basado en lenguaje natural, su principal función es interactuar con humanos a través de texto y voz, los más utilizados son: Alexa, Google Home, asimismo, en la atención de soporte técnico (Adamopoulou & Moussiades, 2020).

Herramientas de inteligencia artificial

En la actualidad más que nunca se pueden obtener diferentes tipos de herramientas en I.A., dependiendo de la aplicación que se quiera realizar. Un muy buen sitio *web* para encontrar diferentes tipos de herramientas es <https://>

aifindy.com/ que incluye las siguientes clasificaciones: redes sociales, fotos, artes y avatares, diseño, logos, 3D, música, audio y voz, video, buscadores de información, asistentes virtuales, automatización, programación de computadoras, generación de logos, creación de sitios web, productividad, voz a texto y texto a voz.

En base a las áreas mencionadas, la aplicación de I.A. en toda la cadena de producción de la quinua seguramente se puede desarrollar, es así que a continuación se presenta una lista de opciones que pueden ser de gran utilidad: (ChatGPT, 2023).

1. **Sistemas de análisis de suelos:** la calidad del suelo es un factor crítico para la producción de quinua. Un suelo pobre afecta la salud del cultivo y disminuye el rendimiento de la cosecha. Los sistemas de análisis de suelos basados en I.A. pueden ayudar a los agricultores a comprender mejor las condiciones de este. Por ejemplo, los sistemas de análisis de suelos pueden utilizar redes neuronales para analizar múltiples variables como la acidez, el contenido de nutrientes y la humedad, para determinar el mejor momento para plantar la quinua y la cantidad adecuada de fertilizante y otros productos a utilizar. Estos sistemas pueden proporcionar recomendaciones precisas y específicas para la parcela de cada agricultor, lo que puede llevar a una mayor eficiencia y productividad.
2. **Sensores inteligentes:** los sensores equipados con inteligencia artificial pueden monitorear una amplia gama de factores que afectan el crecimiento de la planta de quinua. Por ejemplo, pueden medir la humedad del suelo, la temperatura y la cantidad de luz solar que recibe una planta. Los datos recopilados por estos sensores pueden alimentar modelos de aprendizaje automático que ayuden a los agricultores a optimizar sus prácticas agrícolas. Por ejemplo, si un sensor detecta que una planta está recibiendo demasiada agua, puede enviar una alerta a un agricultor para que tome medidas para reducir el riego. Los sensores pueden ser una herramienta

valiosa para ayudar a mantener un control constante sobre las condiciones del cultivo, lo que lleva a una mayor productividad y rendimiento.

3. **Análisis de imágenes:** el uso de cámaras y *software* de análisis de imágenes basado en I.A. puede ayudar a los agricultores a detectar enfermedades o plagas en las plantas de quinua. Por ejemplo, una cámara equipada con inteligencia artificial puede tomar imágenes de las plantas y enviarlas a un *software* de análisis que utilice algoritmos para buscar signos de enfermedades o plagas. Si se detecta una enfermedad o plaga, el *software* puede enviar una alerta a un agricultor para que tome medidas inmediatas para prevenir la propagación de la enfermedad o plaga. El análisis de imágenes basado en inteligencia artificial puede ser una herramienta valiosa para ayudar a los agricultores a detectar problemas en las plantas de quinua de manera temprana, lo que puede aumentar la productividad y reducir los costos.
4. **Modelos de predicción de cosechas:** el aprendizaje automático puede utilizarse para desarrollar modelos de predicción de cosechas que consideren múltiples factores, como el clima, la calidad del suelo y el uso de fertilizantes. Estos modelos pueden ayudar a los agricultores a planificar mejor la cosecha, la distribución y el almacenamiento. Por ejemplo, un modelo de predicción de cosechas puede indicar cuál será la producción de quinua para un año determinado y, en función de esos resultados, los agricultores puedan planificar estrategias de comercialización, ajustar métodos de almacenamiento y distribución para maximizar sus beneficios satisfaciendo la demanda del mercado.

El uso de drones en la zona de cultivos de quinua, para temas de aspersión, tuvo excelentes resultados (Muñoz et al., 2023). La agricultura basada en I.A. para servicios de

interpretación, de adquisición y de reacción lleva a mejores resultados, es así que es ideal combinarla con el uso de drones (Dharmaraj & Vijayanand, 2018).

Las tecnologías agrícolas modernas, como el uso de sensores y medios integrados en robots y drones, ofrecen beneficios significativos en el manejo de cultivos, como riego, deshierbe y fumigación (Talaviya et al., 2020). Estas tecnologías ahorran el uso excesivo de agua, pesticidas, herbicidas, mantienen la fertilidad del suelo, ayudan en el uso eficiente de la mano de obra y elevan la productividad y mejoran la calidad (Ben Ayed & Hanana, 2021; Spanaki et al., 2022).

CHATGPT

Brevemente se describe ChatGPT porque es la herramienta que en el último tiempo ha revolucionado el mundo de la I.A. desde su lanzamiento en noviembre de 2022. Utiliza un algoritmo de aprendizaje automático para analizar y comprender el lenguaje natural de los usuarios y ofrecer respuestas precisas y útiles en tiempo real. Además, gracias a la inteligencia artificial, ChatGPT ha sido capaz de aprender y mejorar continuamente a medida que interactúa con los usuarios, lo que ha llevado a una mejora en la precisión y la calidad de las respuestas (ChatGPT, 2023).

La introducción de ChatGPT ha sido una disrupción en el mundo de la I.A., al ofrecer una herramienta innovadora y efectiva que puede utilizarse en diversas industrias. Su capacidad para analizar el lenguaje natural de los usuarios y brindar respuestas precisas y rápidas ha demostrado ser de gran valor, lo que ha generado un gran revuelo a nivel mundial.

El nombre de ChatGPT es un acrónimo de: *Chat Generative Pretrained Transformer*, a continuación se explica cada uno de los puntos para entender mejor su funcionamiento:

- *Generative* = Predice la siguiente palabra en la secuencia.

-
- *Pre-trained* = Previamente entrenado con una gran cantidad de datos.
 - *Transformer* = Basado en un modelo de red neuronal artificial.
 - *Chat* = Interacción como un Chatbot, donde el usuario puede interactuar con la herramienta.

La plataforma es de libre uso por el momento, para darse de alta puede visitar el sitio web <https://campusvirtual.upb.edu/educacion-ia/>, el primer video de la lista denominado "Crear cuenta en Chat Open AI" indica detalladamente los pasos a seguir para empezar a utilizar ChatGPT.

Es importante mencionar que ChatGPT puede seguir completamente una discusión, es decir, que se puede dar un comando como: "lista el proceso de producción de la quinua" y, seguidamente, se obtendrá una lista de puntos que lista el proceso, entonces se podría continuar pidiéndole en el *prompt* "explica mejor el punto tres", y lo explicará más detalladamente, esto hace que siga el hilo, en realidad una charla tal cual se desarrollaría con un experto humano en esa área de conocimiento.

Inteligencia artificial como ayuda en la cadena de valor y logística en la quinua

A continuación se presenta una lista de algunas herramientas de I.A. que pueden ser útiles en la cadena de valor de la producción de quinua, junto con algunas referencias relevantes:

1. Análisis de imagen y clasificación de calidad de la quinua: este proceso de análisis se lleva a cabo mediante el uso de algoritmos de aprendizaje automático que hacen posible la identificación de características específicas en la textura, color y tamaño de los granos, lo que permite clasificarlos en diferentes categorías de calidad. De esta manera, se pueden separar los granos de alta calidad de los granos de baja calidad, lo que ayuda a mejorar la eficiencia en la fase de cosecha y post-cosecha, reducir

el desperdicio y mejorar la satisfacción del consumidor. Además, esta técnica también puede ser aplicada en otros granos y cultivos, lo que puede ser de gran utilidad para los agricultores y empresas en la mejora de la calidad y rendimiento de sus productos (Vithu & Moses, 2016).

2. Pronóstico de rendimiento de la quinua: la I.A. puede ayudar en la predicción del rendimiento de la quinua analizando factores climáticos, geográficos y de manejo del cultivo y se puede hacer una predicción precisa del rendimiento de la cosecha. Esta información es especialmente útil para los agricultores, ya que les permite tomar decisiones informadas sobre la siembra, el riego y la cosecha, optimizando así la producción y la rentabilidad. Además, el pronóstico de rendimiento también puede ser de gran ayuda para los compradores y vendedores de quinua, quienes utilizarían esta información para planificar y administrar sus operaciones de manera más efectiva (Khan et al., 2022).
3. Optimización de la gestión del agua en el cultivo de quinua: la I.A. puede ser una herramienta valiosa para los agricultores, ya que puede monitorear y analizar continuamente el contenido de humedad del suelo y la sequía en tiempo real. A partir de esta información, se pueden ajustar los patrones de riego y aplicar agua de manera más precisa y eficiente en la tierra. Además, la I.A. puede analizar datos históricos y climáticos para predecir patrones de sequía y ayudar a los agricultores a tomar decisiones sobre la gestión del agua en el futuro. La optimización de la gestión del agua en el cultivo de quinua no solo puede mejorar la calidad y cantidad de la producción, sino también promover prácticas sostenibles y responsables con el medio ambiente (Jafari & Shahsavari, 2020).
4. Análisis de la cadena de suministro de la quinua: la utilización de la I.A. puede proporcionar una visión más completa de todo el proceso, desde la producción hasta la venta al consumidor. La I.A. puede analizar

datos de múltiples fuentes para identificar patrones y tendencias en la cadena de suministro, lo que ayuda a los productores y comercializadores a tomar decisiones más informadas y estratégicas. Además, la I.A. también puede ser utilizada para identificar puntos críticos en la cadena de suministro, optimizar la eficiencia y reducir los costos. Por ejemplo, ayudar a los productores a identificar cuándo deben plantar y cosechar para maximizar la producción y minimizar el desperdicio, o puede ayudar a los comercializadores a identificar el canal más eficiente para distribuir la quinua a los consumidores (Alomar, 2022; Wong et al., 2022).

5. Identificación y prevención de enfermedades en el cultivo de quinua: la identificación y prevención de enfermedades es un aspecto en la que la I.A. puede ser muy útil. A través de técnicas de control de plagas y la detección de patrones de enfermedades, los agricultores pueden anticipar y prevenir enfermedades en sus cultivos. La I.A. analiza grandes cantidades de datos para detectar patrones y signos tempranos de enfermedades, y alertar a los agricultores para que tomen medidas preventivas antes de que la enfermedad se propague y cause daños en la cosecha. Además, la I.A. también puede ayudar a identificar qué tratamientos son más efectivos para cada tipo de enfermedad, lo que puede reducir los costos y aumentar la eficiencia en la gestión de enfermedades en los cultivos de quinua (Manavalan, 2020).

A continuación una lista de algunas herramientas de I.A. que pueden ser útiles en la logística, junto con algunas referencias bibliográficas relevantes:

1. Optimización de rutas de transporte: aunque es una tarea compleja que implica encontrar la mejor manera de transportar productos desde el punto de origen hasta el destino final. En el caso de la quinua, la I.A. puede ayudar a los productores y distribuidores a mejorar la eficiencia del transporte y reducir los costos asociados. La I.A. puede analizar datos de tráfico y logística para

encontrar la ruta más rápida y eficiente para la entrega de los productos. Los algoritmos de optimización de rutas pueden tener en cuenta varios factores, como el tiempo de viaje, la distancia recorrida, el costo del combustible y la capacidad del vehículo. Al utilizar la I.A. para optimizar las rutas de transporte, los productores pueden ahorrar tiempo y recursos valiosos, lo que a su vez puede traducirse en un mejor rendimiento y mayores ganancias (Bräysy & Gendreau, 2005; Ombuki et al., 2006).

2. Gestión de inventario: la I.A. puede ayudar en la gestión de inventario, mediante la predicción de la demanda futura y la optimización de los niveles de inventario ayudando a realizar un ajuste en consecuencia (Gunawan et al., 2021). En el estudio de Albayrak Ünal et al. (2023), se tiene la experiencia de 53 artículos referidos a la gestión de inventario, mostrando el interés en esta área con amplia información hasta con aplicaciones de *machine learning*.
3. Monitoreo de calidad y frescura: la I.A. puede ayudar en este proceso mediante el uso de sensores inteligentes para monitorear la temperatura y la humedad en tiempo real. Los datos recopilados pueden ser analizados utilizando algoritmos de aprendizaje automático para detectar patrones y variaciones en la calidad del producto. Además, los sistemas de monitoreo también pueden enviar alertas a los operadores en caso de cualquier desviación en la calidad del producto, lo que les permite tomar medidas correctivas de manera oportuna. Esto no sólo ayuda a garantizar la calidad y frescura de la quinua, sino que también puede contribuir a reducir los desperdicios y mejorar la eficiencia de la cadena de suministro (Chen & Yu, 2021).
4. Optimización de la gestión de almacenes: la optimización de esta tarea puede ser compleja, pero la I.A. puede ayudar en el proceso. Al utilizar algoritmos de clasificación y distribución, se pueden identificar los productos con

mayor demanda y optimizar la disposición de los mismos en el almacén para una fácil localización y rapidez en el envío. Además, la I.A. puede contribuir a monitorear y controlar el inventario, lo que permite una gestión más eficiente y precisa de los productos almacenados. Con estas herramientas, los productores y distribuidores pueden aumentar su productividad y reducir sus costos de operación. Como se vio, la gestión de inventarios con la ayuda de la I.A. también permitirá a los operadores del almacén estar preparados para satisfacer la demanda en todo momento (Pandian, 2019; Žuni et al., 2018).

5. **Predicción de precios:** es un proceso importante para los productores y comerciantes que buscan obtener ganancias. La I.A. puede ser una herramienta valiosa en este proceso, ya que analiza grandes cantidades de datos de oferta y demanda para prever cambios en los precios. Los modelos de aprendizaje automático pueden ser entrenados con datos históricos y actuales para predecir los cambios en los precios y ayudar a los productores y comerciantes a tomar decisiones informadas sobre cuándo y cómo vender su producto. Además, estos modelos pueden tener en cuenta factores externos como las condiciones climáticas y las tendencias de mercado para mejorar la precisión de las predicciones (Rojewska, 2021; Sehgal & Pandey, 2015).

En resumen, la I.A. puede ser una herramienta valiosa en la logística de la producción de quinua, permitiendo una gestión más eficiente de los procesos logísticos, la optimización de rutas de transporte, la gestión de inventarios, el monitoreo de calidad y frescura, la optimización de la gestión de almacenes y la predicción de precios.

Es muy importante mencionar que las aplicaciones de I.A. se especializan cada vez más, por lo que seguramente se podrá encontrar en un futuro cercano algunas que estén desarrolladas para la quinua. Actualmente las soluciones

mencionadas están siendo utilizadas en otros tipos de cultivos, que en muchos casos son parecidos al grano andino.

Referencias bibliográficas

Adamopoulou, E., & Moussiades, L. (2020). *Chatbots: History, Technology, and Applications*. Machine Learning with Applications, 2, 100006. <https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2020.100006>

Albayrak Ünal, Ö., Erkeyman, B., & Usanmaz, B. (2023). *Applications of Artificial Intelligence in Inventory Management: A Systematic Review of the Literature*. Archives of Computational Methods in Engineering, 30(4), 2605–2625. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09879-5>

Alomar, M. A. (2022). *Performance Optimization of Industrial Supply Chain Using Artificial Intelligence*. Computational Intelligence and Neuroscience, 2022, 9306265. <https://doi.org/10.1155/2022/9306265>

Alpaydin, E. (2020). *Introduction to Machine Learning*, fourth edition. MIT Press.

Ben Ayed, R., & Hanana, M. (2021). *Artificial Intelligence to Improve the Food and Agriculture Sector*. Journal of Food Quality, 2021, e5584754. <https://doi.org/10.1155/2021/5584754>

Bräysy, O., & Gendreau, M. (2005). *Vehicle Routing Problem with Time Windows, Part I: Route Construction and Local Search Algorithms*. Transportation Science, 39, 104–118. <https://doi.org/10.1287/trsc.1030.0056>

ChatGPT. (2023). <https://chat.openai.com>

Chen, T.-C., & Yu, S.-Y. (2021). *The Review of Food Safety Inspection System Based on Artificial Intelligence, Image Processing, and Robotic*. Food Science and Technology, 42, e35421. <https://doi.org/10.1590/fst.35421>

Dharmaraj, V., & Vijayanand, C. (2018). *Artificial Intelligence (AI) in Agriculture*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.

Gunawan, P. A., Gozali, L., Widodo, L., Daywin, F. J., & Olyvia, C. (2021). *Production Planning and Capacity Control with Demand Forecasting Using Artificial Neural Network* (Case Study PT. Dynaplast) for Industry 4.0.

Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines*.

Jafari, M., & Shahsavari, A. (2020). *The Application of Artificial Neural Networks in Modeling and Predicting the Effects of Melatonin on Morphological Responses of Citrus to Drought Stress*. PLOS ONE, 15(10), e0240427. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240427>

Khan, N., Kamaruddin, M. A., Ullah Sheikh, U., Zawawi, M. H., Yusup, Y., Bakht, M. P., & Mohamed Noor, N. (2022). *Prediction of Oil Palm Yield Using Machine Learning in the Perspective of Fluctuating Weather and Soil Moisture Conditions: Evaluation of a Generic Workflow*. Plants, 11(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/plants11131697>

Klabunde, R. (2002). *Speech and Language Processing*. Zeitschrift für Sprachwissenschaft, 21(1), 134–135. <https://doi.org/10.1515/zfsw.2002.21.1.134>

LeCun, Yann, Bengio, & Hinton. (2015). *Deep learning*.

Manavalan, R. (2020). *Automatic Identification of Diseases in Grains Crops Through Computational Approaches: A Review*. Computers and Electronics in Agriculture, 178, 105802. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105802>

Muñoz, P. M., Miranda Huanca, A., Miralles Goitia, F., Tarraga Liqueñ, R., & Rodríguez Verastegui, F. (2023). Enfoque sistémico contribuye al desarrollo del sistema agroalimentario de la quinua en Bolivia. Proinpa.

Ombuki, B., Ross, B. J., & Hanshar, F. (2006). *Multi-objective Genetic Algorithms for Vehicle Routing Problem with Time Windows*. *Applied Intelligence*, 24(1), 17–30. <https://doi.org/10.1007/s10489-006-6926-z>

Pandian, Dr. A. P. (2019). *Artificial Intelligence Application in Smart Warehousing Environment for Automated Logistics*. *Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*, 2019(2), 63–72. <https://doi.org/10.36548/jaicn.2019.2.002>

Rojewska, K. (2021, September 15). *Price Prediction: How Machine Learning Can Help You Grow Your Sales*. DLabs.AI. <https://dlabs.ai/blog/price-prediction-how-machine-learning-can-help-you-grow-your-sales/>

Russell, S. J. (2010). *Artificial Intelligence a Modern Approach*.

Sehgal, N., & Pandey, K. K. (2015). *Artificial Intelligence Methods for Oil Price Forecasting: A Review and Evaluation*. *Energy Systems*, 6(4), 479–506. <https://doi.org/10.1007/s12667-015-0151-y>

Serna, A., Acevedo, E., & Serna, E. (2017). *Principios de la inteligencia artificial en las ciencias computacionales*.

Spanaki, K., Karafili, E., Sivarajah, U., Despoudi, S., & Irani, Z. (2022). *Artificial Intelligence and Food Security: Swarm Intelligence of AgriTech Drones for Smart AgriFood Operations*. *Production Planning & Control*, 33(16), 1498–1516. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882688>

Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., & Shah, M. (2020). *Implementation of Artificial Intelligence in Agriculture for Optimisation of Irrigation and Application of Pesticides and Herbicides*. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 4, 58–73. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2020.04.002>

Vithu, P., & Moses, J. A. (2016). *Machine Vision System for Food Grain Quality Evaluation: A Review*. *Trends in Food Science & Technology*, 56, 13–20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.011>

Wong, L.-W., Tan, G. W.-H., Ooi, K.-B., Lin, B., & Dwivedi, Y. K. (2022). *Artificial Intelligence-driven Risk Management for Enhancing Supply Chain Agility: A Deep-learning-based Dual-stage Pls-sem-ann Analysis*. *International Journal of Production Research*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2063089>

Žuni, E., Delali, S., Hodži, K., Beširevi, A., & Hindija, H. (2018). *Smart Warehouse Management System Concept with Implementation*. 2018 14th Symposium on Neural Networks and Applications (NEUREL), 1–5. <https://doi.org/10.1109/NEUREL.2018.8587004>

Anexo III

FINANCIAMIENTO A TRAVÉS DE PROYECTOS¹

Pablo Mendieta Salazar - Alejandro Vargas Sanchez

El *Project Finance* es una herramienta financiera que permite crear una estructura financiera específica para cada proyecto. En este tipo de financiamiento, los prestamistas evalúan la viabilidad del proyecto en sí mismo, y no la solvencia crediticia de la empresa que lo desarrolla. Los ingresos generados por el proyecto son la fuente principal de repago de la deuda.

En este texto se presenta información detallada sobre el *Project Finance*, incluyendo sus características, ventajas y desventajas. Se destaca que esta herramienta es especialmente útil para proyectos de larga duración y gran envergadura, ya que permite mitigar los riesgos asociados con este tipo de proyectos y mejorar el acceso a financiamiento.

Además, se discuten las estrategias para evaluar la viabilidad del proyecto y mitigar los riesgos asociados con el *Project Finance*. Se enfatiza en la importancia de recopilar información detallada sobre el proyecto y analizarla cuidadosamente para determinar su viabilidad y las acciones necesarias para garantizar su éxito.

¹ [NdE: Las referencias bibliográficas correspondientes a este anexo se encuentran en la bibliografía del capítulo 10.]

Finalmente, se presentan algunas recomendaciones y buenas prácticas para futuros proyectos financiados mediante *Project Finance*. Se destaca la importancia de establecer contratos a largo plazo con proveedores o clientes clave para asegurar un flujo constante de ingresos, así como establecer fondos de contingencia o seguros específicos para cubrir posibles imprevistos. Este documento proporciona información valiosa para aquellos interesados en utilizar esta herramienta financiera en sus proyectos.

Descripción del *Project Finance*

Es una forma de financiamiento de proyectos en la que se crea una estructura financiera específica para cada proyecto. Los ingresos generados por el proyecto son la fuente principal de repago de la deuda. En este tipo de financiamiento, los prestamistas evalúan la viabilidad del proyecto en sí mismo, y no la solvencia crediticia de la empresa que lo desarrolla. Esta estructura de financiamiento permite a los patrocinadores del proyecto mitigar los riesgos y mejorar el acceso a los recursos, ya que el proyecto se financia con su propio flujo de caja y activos (Noked, 2019).

Las características de un proyecto de financiamiento incluyen una estructura contractual compleja, donde se define con detalle las obligaciones y derechos de cada parte; una evaluación detallada de los riesgos y mecanismos de cobertura o mitigación; un análisis exhaustivo del flujo de caja del proyecto y una estructuración adecuada del financiamiento que permita su repago. Este tipo de financiamiento se utiliza en proyectos de gran envergadura, como infraestructuras, energías renovables, minería, entre otros.

De acuerdo con Noked (2019), *Project Finance* es una herramienta valiosa para financiar proyectos de larga duración y de gran envergadura, y es ampliamente utilizado de forma global. Su complejidad y estructura contractual específica pueden limitar su uso en proyectos más pequeños, pero es una opción atractiva para los que necesitan una gran cantidad de recursos y que tienen un flujo de caja estable y previsible. En resumen, el *Project Finance* es una herramienta financiera eficaz para los patrocinadores de proyectos que buscan mitigar los riesgos y mejorar el acceso a financiamiento en proyectos de gran envergadura y largo plazo.

El objetivo de este apartado es proporcionar una guía completa sobre el uso del *Project Finance* como herramienta financiera para financiar proyectos de gran envergadura y largo plazo enfocados en el sector agroindustrial. Se busca presentar las características, ventajas y desventajas del *Project Finance*, así como las estrategias para evaluar la viabilidad del proyecto y mitigar los riesgos asociados con este tipo de financiamiento. Además, se presentan recomendaciones y buenas prácticas para futuros proyectos financiados mediante *Project Finance*.

Ventajas y desventajas del financiamiento de proyectos

El financiamiento mediante *Project Finance* tiene ventajas y desventajas que deben ser consideradas por las empresas y los inversionistas que buscan llevar a cabo proyectos de gran envergadura.

Ventajas (Bohnet, 2015):

- Permite el financiamiento de proyectos a largo plazo que de otra manera no serían viables, ya sea por el tamaño o el riesgo.
- Reduce el riesgo para los inversores al limitar su responsabilidad a los flujos de caja del proyecto y no así en los activos de la empresa que desarrolla el proyecto.
- Proporciona una estructura financiera clara y transparente, facilitando la obtención de financiamiento de diferentes fuentes, reduciendo el costo de este.
- Mejora la gestión del riesgo al permitir que diferentes partes interesadas —desarrolladores, inversores, prestamistas, entre otros—. compartan el riesgo y responsabilidad del proyecto.

Desventajas (Yescombe E., 2018):

- El proceso de estructuración y cierre financiero del proyecto puede ser complejo y costoso debido a la necesidad de involucrar a múltiples partes interesadas y negociar contratos detallados.

-
- La dependencia del flujo de caja del proyecto como garantía de préstamo puede limitar la capacidad de la empresa para obtener financiamiento adicional en el futuro.
 - El costo de los préstamos puede ser mayor que el de otras formas de financiamiento debido al mayor riesgo percibido y la necesidad de garantías específicas.
 - La falta de flexibilidad en la estructura financiera puede limitar la capacidad de la empresa para adaptarse a cambios en el entorno económico o del mercado.

Ejemplos de proyectos financiados mediante *Project Finance*

A continuación se presentan tres ejemplos reales de financiamiento de proyectos mediante *Project Finance*:

- En el 2004, el proyecto Cerro Negro en Argentina, liderado por la empresa canadiense Goldcorp, obtuvo un financiamiento de 450 millones de dólares mediante *Project Finance* para la construcción de una mina de oro y plata. El financiamiento fue proporcionado por un grupo de bancos internacionales, liderado por BNP Paribas y Scotiabank, y se basó en la generación de flujos de caja futuros del proyecto. La estructura de financiamiento incluyó un préstamo a largo plazo y una línea de crédito rotativa para gastos de capital de trabajo (Damodaran A., 2006).
- En el 2010, el proyecto Shams 1 en Abu Dhabi, liderado por Masdar, obtuvo un financiamiento de 600 millones de dólares mediante *Project Finance* para la construcción de una planta de energía solar de concentración de 100 MW. El financiamiento fue proporcionado por un grupo de bancos, liderado por BNP Paribas, y se basó en la generación de flujos de caja futuros del proyecto. La estructura de financiamiento incluyó un préstamo a largo plazo y una línea de crédito rotativa para gastos de capital de trabajo (Dufour, 2012).
- En el 2018, el proyecto Formosa 1 en Taiwán, liderado por la empresa danesa Ørsted, obtuvo un financiamiento de 500 millones de dólares mediante *Project Finance* para la construcción de una planta de energía eólica marina

de 128 MW. El financiamiento fue proporcionado por un grupo de bancos, liderado por Mitsubishi UFJ Financial Group, y se basó en la generación de flujos de caja futuros del proyecto. La estructura de financiamiento incluyó un préstamo a largo plazo y una línea de crédito rotativa para gastos de capital (Peck, 2020).

Evaluación de la viabilidad de un proyecto

Es un aspecto clave para determinar si el proyecto puede ser financieramente exitoso y sostenible a largo plazo. En el contexto de *Project Finance*, la evaluación de la viabilidad del proyecto es especialmente importante debido a la naturaleza de la financiación basada en el flujo de caja futuro del proyecto. Es esencial para los inversores y prestamistas comprender los riesgos y beneficios potenciales del proyecto antes de comprometer capital. En este sentido, la evaluación de la viabilidad del proyecto se convierte en una herramienta fundamental para la toma de decisiones financieras. En este apartado se discutirá la importancia de la evaluación de la viabilidad del proyecto en *Project Finance*, y se describirán los principales elementos que deben ser considerados en esta evaluación.

Análisis de riesgos

El proceso de análisis de riesgos en un *Project Finance* es fundamental para identificar y cuantificar los posibles riesgos que pueden afectar al proyecto en el futuro y establecer estrategias para mitigar estos. Los riesgos en un proyecto de financiamiento pueden ser de varios tipos, incluyendo riesgos financieros, legales, de mercado y operacionales, entre otros.

Según Brealey, Myers, & Allen, *Principles of corporate finance* (2017), una evaluación exhaustiva de los riesgos es necesaria para determinar si es viable y para establecer el costo adecuado del capital para el proyecto. Se sugiere que la evaluación de incluya el análisis de riesgos macroeconómicos, riesgos sectoriales y específicos del proyecto.

En términos generales, para llevar a cabo un análisis de riesgos en un proyecto de financiamiento, es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Identificación de los riesgos: se debe realizar una evaluación exhaustiva de los riesgos asociados al proyecto, considerando tanto los riesgos financieros, como los operativos y legales.
- Cuantificación de los riesgos: una vez identificados los riesgos, es necesario cuantificarlos para poder establecer estrategias adecuadas para mitigarlos. Esto puede implicar la estimación de la probabilidad de que ocurra un evento y la magnitud del impacto que tendría en el proyecto.
- Establecimiento de estrategias de mitigación de riesgos: una vez que se han identificado y cuantificado los riesgos, es necesario establecer estrategias para mitigarlos. Estas estrategias pueden incluir la implementación de medidas de gestión de riesgos, la adopción de contratos adecuados y la diversificación de fuentes de financiamiento.
- Monitoreo continuo de los riesgos: el análisis de riesgos en un proyecto de financiamiento no es un proceso estático, sino que debe ser monitoreado continuamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- En conclusión, el análisis de riesgos es un componente fundamental en la evaluación de un proyecto de financiamiento. Es necesario identificar y cuantificar los riesgos, establecer estrategias adecuadas para mitigarlos y monitorear continuamente a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Análisis de mercado y demanda

El análisis de mercado y demanda es una parte crítica del proceso de financiamiento de proyectos, ya que permite a los inversionistas y prestamistas entender el potencial de los ingresos y rentabilidad del proyecto. Para llevar a cabo este análisis, es necesario realizar una investigación exhaustiva de la demanda actual y proyectada del mercado objetivo del proyecto, así como también de las tendencias y factores que podrían afectar la demanda.

Según Finnerty J. (2007), el análisis de mercado y demanda en un *Project Finance* implica evaluar tanto la demanda del mercado en general como la demanda específica del proyecto en sí. Esto incluye estudiar los patrones de consumo y las preferencias del mercado objetivo, así como también las variables macroeconómicas que pueden afectar la demanda del mercado.

Una vez que se ha recopilado esta información, es necesario analizarla para determinar la viabilidad del proyecto y las acciones necesarias para garantizar su éxito. De acuerdo con Altman & Bostford (2003), las acciones necesarias pueden incluir ajustes en el diseño del proyecto, cambios en la estrategia de *marketing* o, incluso, la reevaluación del potencial del mercado objetivo.

Además, es importante tener en cuenta que el análisis de mercado y demanda no es un proceso estático, sino que debe ser continuamente revisado y actualizado a medida que cambian las condiciones del mercado y las circunstancias del proyecto. Según Triantis & Chiarini (2011), esto puede implicar la realización de encuestas regulares de satisfacción del cliente, la monitorización de las tendencias del mercado y el ajuste de los planes de *marketing* en consecuencia.

En resumen, el análisis de mercado y demanda es una parte esencial del proceso de financiamiento de proyectos. Implica la evaluación de la demanda del mercado objetivo y la determinación de las acciones necesarias para garantizar el éxito. Es un proceso continuo que debe ser actualizado regularmente a medida que cambian las condiciones del mercado y del proyecto.

Evaluación ambiental y social

Es una parte crucial en el proceso de financiamiento de proyectos, ya que permite identificar y mitigar los posibles impactos ambientales y sociales que puedan surgir durante la construcción y operación del proyecto.

En el contexto del *Project Finance*, la evaluación ambiental y social se realiza generalmente en la etapa temprana del proyecto y debe cumplir con los estándares y requisitos de los financiadores, así como con las leyes y regulaciones ambientales y sociales locales y nacionales.

Para llevar a cabo una evaluación ambiental y social en el proyecto, es necesario realizar una serie de acciones clave. En primer lugar, se debe identificar y evaluar los posibles impactos ambientales y sociales del proyecto, tanto a nivel local como regional. Esto se puede hacer mediante la revisión de los estudios de impacto ambiental y social, así como a través de la consulta a las partes interesadas, incluyendo comunidades locales y organizaciones no gubernamentales (ONGs) (Cleary, 2013).

Una vez identificados los posibles impactos, se debe determinar las medidas de mitigación necesarias para reducir o eliminar estos impactos. Esto implica la revisión de las mejores prácticas ambientales y sociales, así como el desarrollo de un plan de gestión ambiental y social para el proyecto (Nash, 2019).

Además, es importante evaluar el cumplimiento de las leyes y regulaciones ambientales y sociales locales y nacionales, así como los estándares internacionales, como los Principios de Ecuador o las normas de desempeño ambiental y social del Grupo Banco Mundial. Esto se puede hacer mediante la revisión de los informes de auditoría ambiental y social del proyecto, así como a través de la evaluación de los procesos de seguimiento y supervisión (Lam, 2017).

Finalmente, es esencial asegurar la participación de las partes interesadas en todo el proceso de evaluación ambiental y social, incluyendo la revisión y comentarios sobre el informe final de evaluación. Esto ayudará a garantizar que las preocupaciones y necesidades de las partes interesadas se aborden adecuadamente y que el proyecto tenga un impacto positivo en la comunidad y el medio ambiente (Lam, 2017).

Estructuración del financiamiento

Estructura financiera de un proyecto

Dada la magnitud de los proyectos que optan por *Project Finance*, es importante definir la estructura financiera adecuada para asegurar el éxito del proyecto y minimizar los riesgos.

La definición de la estructura financiera implica la determinación de la fuente de financiamiento, el monto y el plazo de pago. Además, también implica la selección de la estructura de capital adecuada, la identificación de los riesgos y su mitigación (Brealey, Myers, & Allen, *Principles of Corporate Finance*, 2018).

Una vez que se han definido los aspectos anteriores, se deben considerar las opciones disponibles para la estructura financiera. Estas pueden incluir financiamiento a través de deuda, a través de capital y opciones híbridas. El financiamiento a través de deuda se basa en préstamos y emisión de bonos, mientras que a través de capital se basa en la emisión de acciones. Las opciones híbridas combinan características de ambas (Gatti, 2012).

En cuanto a las acciones necesarias para definir la estructura financiera, se deben seguir los siguientes pasos:

- i. Identificar las necesidades de financiamiento del proyecto.
- ii. Determinar la estructura de capital adecuada.
- iii. Identificar las fuentes de financiamiento disponibles.
- iv. Evaluar y seleccionar la opción de financiamiento adecuada.
- v. Negociar los términos y condiciones del financiamiento.
- vi. Implementar y administrar el financiamiento.

Es importante tener en cuenta que el proceso de definición de la estructura financiera puede ser complejo y requiere la participación de diversos profesionales, incluyendo abogados, banqueros, asesores financieros y consultores (Gatti, 2012).

En conclusión, la definición de la estructura financiera en *Project Finance* es un aspecto clave para asegurar el éxito del proyecto y minimizar los riesgos. Para ello, se deben seguir los pasos adecuados para identificar las necesidades de financiamiento,

seleccionar la estructura de capital adecuada, identificar las fuentes de financiamiento y evaluar y seleccionar la opción adecuada. Además, es importante contar con la participación de profesionales calificados para asegurar que se tomen las mejores decisiones.

Gestión del riesgo en *Project Finance*

A pesar de que el *Project Finance* es una forma eficiente de financiamiento, también es cierto que presenta muchos riesgos que deben ser identificados, cuantificados y mitigados para garantizar el éxito del proyecto. A continuación, se explican los principales riesgos y se discutirán las formas de identificarlos, cuantificarlos y mitigarlos.

Riesgos de construcción

Se refieren a los posibles retrasos, aumentos en los costos y problemas técnicos relacionados con la construcción. Estos riesgos pueden afectar la capacidad del proyecto para generar ingresos y pagar los préstamos.

Para identificar los riesgos de construcción, es importante analizar el historial del contratista y evaluar su capacidad para completar el proyecto a tiempo y dentro del presupuesto. Además, se debe tener en cuenta la complejidad del proyecto y la existencia de factores externos que puedan afectar el cronograma y el costo, como las condiciones climáticas o las restricciones gubernamentales.

Para cuantificar los riesgos de construcción, se puede utilizar un análisis de sensibilidad para determinar el impacto financiero de un retraso o un aumento en los costos de construcción. Además, es importante incluir un fondo de contingencia en el presupuesto para cubrir los riesgos imprevistos.

La mitigación de los riesgos de construcción incluye la elección de un contratista experimentado y la inclusión de cláusulas de penalización por retrasos en el contrato. Además, se puede utilizar un seguro de construcción para cubrir los riesgos técnicos y de retraso (Hiraoka, 2008).

Riesgos operativos

Se refieren a los problemas operativos que puedan afectar la capacidad del proyecto para generar ingresos. Estos riesgos pueden incluir fallas en el equipo, cambios en las condiciones del mercado, cambios en las regulaciones gubernamentales y problemas ambientales.

Para identificar los riesgos operativos, es importante analizar el entorno operativo del proyecto y evaluar la capacidad del equipo de gestión para gestionar los riesgos. Además, se debe tener en cuenta la existencia de acuerdos de suministro y contratos de ventas a largo plazo.

Para cuantificarlos, se puede utilizar un análisis de sensibilidad para determinar el impacto financiero de una disminución en los ingresos o un aumento en los costos operativos.

La mitigación de los riesgos operativos incluye la implementación de planes de contingencia, la contratación de personal experimentado y la inclusión de cláusulas de protección en los contratos de suministro y ventas a largo plazo (Finnerty J. , 2008).

Riesgos de mercado

Se refieren a la volatilidad del mercado y la posibilidad de que los precios de los productos o servicios generados por el proyecto disminuyan significativamente. Estos riesgos pueden afectar la capacidad para generar ingresos y pagar los préstamos.

Para identificar los riesgos de mercado, es importante analizar el historial y evaluar la capacidad del proyecto para adaptarse a los cambios en el mercado. Además, se debe tener en cuenta la competencia y los factores externos que puedan afectar los precios, como los cambios en las políticas gubernamentales y las fluctuaciones en los precios de los combustibles.

Para cuantificarlos, se puede utilizar un análisis de sensibilidad para determinar el impacto financiero de una disminución en los precios de los productos o servicios generados por el proyecto.

La mitigación de los riesgos de mercado incluye la inclusión de cláusulas de protección en los contratos de venta y la diversificación de la cartera de productos o servicios generados por el proyecto (Mertz, 2013).

Riesgos crediticios

Se refieren a la posibilidad de que los prestatarios no cumplan con sus obligaciones de pago. Estos riesgos pueden afectar la capacidad del proyecto para pagar los préstamos y pueden tener un impacto negativo en la calificación crediticia del proyecto.

Para identificar los riesgos crediticios, es importante evaluar la solvencia crediticia de los prestatarios y analizar su historial crediticio. Además, se debe tener en cuenta la posibilidad de cambios en las condiciones económicas que puedan afectar la capacidad de los prestatarios para cumplir con sus obligaciones de pago.

Para cuantificar los riesgos crediticios, se puede utilizar una evaluación de la calificación crediticia de los prestatarios y un análisis de sensibilidad para determinar el impacto financiero de un incumplimiento de pago.

La mitigación de los riesgos crediticios toma en cuenta la inclusión de cláusulas de protección en los contratos de préstamo, la diversificación de los prestatarios y el uso de garantías, como avales y fianzas.

En conclusión, la identificación, cuantificación y mitigación de los riesgos son esenciales para garantizar el éxito del proyecto en el *Project Finance*. Es importante utilizar técnicas de análisis financiero y tener en cuenta los factores externos que puedan afectar el proyecto. Algunas de las técnicas de mitigación incluyen la inclusión de cláusulas de protección en los contratos y la diversificación de los prestatarios y los productos o servicios generados por el proyecto (Hiraoka, 2008).

Implementación del proyecto

Gestión del riesgo y del presupuesto del proyecto

La gestión del riesgo es fundamental en un *Project Finance* para garantizar el éxito del proyecto y la recuperación del préstamo. Algunas formas de gestionar el riesgo son:

Identificación del riesgo: es importante identificar los riesgos que pueden surgir, como los políticos, los legales, los ambientales y los de construcción (Yescome, 2018).

Evaluación del riesgo: una vez identificados los riesgos, es necesario evaluar su probabilidad de ocurrencia y su impacto en el proyecto (Yescombe E. , 2018).

Mitigación del riesgo: para minimizar los riesgos identificados, es necesario tomar medidas preventivas y correctivas. Por ejemplo, se pueden establecer cláusulas de penalización en los contratos, contratar seguros, diversificar la fuente de financiamiento (Yescome, 2018).

Presupuestación del proyecto

Es esencial en un *Project Finance* para garantizar que el proyecto sea rentable y sostenible. Algunas formas de presupuestar el proyecto son:

Establecimiento de los costos: es importante establecer los costos del proyecto, incluyendo los de construcción, de operación y mantenimiento, financieros, entre otros (Brealey, Myers, & Allen, Principles of Corporate Finance, 2018).

Previsión de los ingresos: es necesario prever los ingresos del proyecto, por alquiler, por peajes (Brealey, Myers, & Allen, Principles of Corporate Finance, 2018).

Elaboración del flujo de caja: es necesario elaborar un flujo de caja del proyecto para estimar la rentabilidad y sostenibilidad de este. Debe considerar los costos y los ingresos del proyecto durante su vida útil (Brealey, Myers, & Allen, *Principles of Corporate Finance*, 2018).

En conclusión, la gestión del riesgo y la presupuestación son fundamentales en un *Project Finance* para garantizar el éxito del proyecto y la recuperación del préstamo. Es necesario identificar, evaluar y mitigar los riesgos del proyecto, y establecer los costos y prever los ingresos de este. Con una buena gestión del riesgo y una adecuada presupuestación, se pueden maximizar los beneficios del proyecto.

Monitoreo y control del proyecto

Dada la naturaleza compleja y arriesgada de estos proyectos, es fundamental contar con un proceso de monitoreo y control adecuado para asegurar su éxito. En este apartado, discutiremos las mejores prácticas en la gestión del monitoreo y control en proyectos financiados mediante *Project Finance*.

- Establecimiento de objetivos claros y metas medibles:

Un proyecto financiado mediante *Project Finance* debe contar con objetivos claros y metas medibles para facilitar el monitoreo y control de su ejecución. Estos objetivos deben estar alineados con las expectativas de los diferentes actores involucrados en el proyecto, incluyendo inversionistas, patrocinadores, proveedores y otros interesados (Damodaran A. , 2010) (Damodaran, 2010).

- Definición de indicadores clave de desempeño (KPI):

Los KPI son métricas que permiten evaluar el rendimiento y avance de un proyecto en relación con los objetivos establecidos. En el caso de un proyecto financiado mediante *Project Finance*, estos indicadores pueden

incluir, entre otros, la rentabilidad, la tasa de retorno ajustada al riesgo, el plazo de recuperación de la inversión y el cumplimiento de los hitos del proyecto (Kerzner, 2013).

- Implementación de un sistema de información y seguimiento:

Un sistema de información y seguimiento adecuado permite a los gestores del proyecto recopilar, procesar y analizar la información necesaria para evaluar el progreso y desempeño del proyecto. Este sistema debe ser capaz de integrar datos financieros, técnicos y de gestión, y debe contar con herramientas de visualización y análisis que faciliten la toma de decisiones basadas en datos (PMBOK, 2017).

- Monitoreo y control de riesgos:

Los proyectos financiados mediante *Project Finance* suelen estar expuestos a diversos riesgos, como de mercado, operativos, financieros, regulatorios, políticos y ambientales, entre otros. Por tanto, es fundamental contar con un proceso de identificación, evaluación y mitigación de riesgos, así como de monitoreo y control continuo de los mismos (Yescombe E., 2018).

Finanzas estructuradas para las PYME: cómo superar las dificultades de obtener crédito en el sector financiero formal

Las pequeñas y medianas empresas (PYME) son una parte importante de las economías de América Latina, pero a menudo enfrentan dificultades para obtener crédito del sector financiero formal debido a varios factores (The World Bank, 2023):

- El financiamiento informal, como los fondos proporcionados por los propietarios o el crédito comercial de los proveedores, es una fuente común de financiamiento para las PYME. Sin embargo, este tipo de financiamiento puede ser insuficiente y limitar el crecimiento empresarial.

-
- El costo del crédito es un factor importante que limita la capacidad de las PYME para obtener financiamiento del sector financiero formal. Los requisitos estrictos para la solicitud de crédito y la falta de garantías calificadas también son obstáculos importantes.
 - Los bancos comerciales han sido reacios a prestar a las PYME debido al alto riesgo percibido asociado con estas empresas. Aunque se ha argumentado que los altos niveles de incumplimiento entre las PYME justifican esta actitud cautelosa por parte de los bancos, también se ha sugerido que las percepciones de riesgo pueden ser exageradas.

Las finanzas estructuradas son una forma de financiamiento que puede ayudar a las PYME a superar los obstáculos en la obtención de crédito del sector financiero formal. Las finanzas estructuradas implican la creación de instrumentos financieros complejos que se basan en flujos de efectivo futuros, como los pagos de préstamos o los ingresos por ventas (The Word Bank, 2023).

Una forma común de financiamiento estructurado es el *factoring*, que implica la venta de facturas pendientes de pago a una empresa de *factoring*. La empresa de *factoring* proporciona un adelanto en efectivo por las facturas vendidas, lo que permite a la PYME obtener financiamiento inmediato en lugar de esperar a que se paguen las facturas (The Word Bank, 2023).

Otra forma común de financiamiento estructurado es el *leasing*, que involucra el arrendamiento de activos como maquinaria o equipo. El arrendador proporciona el equipo y la PYME paga una renta periódica por su uso. Al final del contrato, la PYME puede optar por comprar el equipo o devolverlo al arrendador (The Word Bank, 2023).

Beneficios de las finanzas estructuradas para las PYME

Las finanzas estructuradas pueden ofrecer varios beneficios para las PYME en términos de obtención de financiamiento, entre los que se destacan (The Word Bank, 2023):

- Estas formas alternativas de financiamiento pueden ser más accesibles y menos costosas que los préstamos bancarios tradicionales.
- Las finanzas estructuradas pueden ayudar a mejorar la gestión del flujo de efectivo al proporcionar financiamiento inmediato para necesidades específicas, como la compra de equipos o el pago a proveedores.
- También pueden ayudar a mejorar la relación entre la PYME y los bancos comerciales al reducir su dependencia exclusiva del sector bancario y diversificar sus fuentes de financiamiento.

A pesar de los beneficios potenciales, hay varios desafíos asociados con la implementación exitosa de finanzas estructuradas para las PYME:

- La falta de conocimiento y comprensión de estas formas alternativas de financiamiento puede ser un obstáculo importante.
- Falta de marcos legales y regulatorios específicos para estas formas alternativas de financiamiento puede limitar su uso y crecimiento.
- Ausencia de información financiera adecuada y transparente por parte de las PYME puede dificultar la evaluación del riesgo por parte de los proveedores de finanzas estructuradas.

Sin embargo, para que las finanzas estructuradas sean efectivas, es importante abordar los desafíos asociados con su implementación, como la falta de conocimiento y comprensión, la falta de marcos legales y regulatorios específicos y la falta de información financiera adecuada.

Discusión final sobre el financiamiento de proyectos

La industrialización de la quinua a través del financiamiento de proyectos mediante *Project Finance* se ha convertido en una alternativa atractiva para el desarrollo de la industria de la quinua en muchos países del mundo. A continuación, se presentan algunas conclusiones y perspectivas futuras sobre este enfoque.

-
- El financiamiento de proyectos de industrialización de quinua mediante *Project Finance* es posible: aunque la industria agroindustrial es considerada de alto riesgo, se ha demostrado que es posible estructurar financiamientos para proyectos de gran envergadura. El financiamiento de proyectos se basa en la viabilidad del proyecto y en la capacidad de generar ingresos a largo plazo.
 - La selección adecuada de estructuras de financiamiento y la gestión de los riesgos son fundamentales para el éxito del proyecto: la selección de la estructura de financiamiento adecuada, la gestión de los riesgos y la identificación de los inversores adecuados son factores críticos para el éxito del proyecto. La mitigación de los riesgos es clave en este tipo de proyectos de alto riesgo y largo plazo.
 - La quinua tiene un gran potencial como cultivo y como materia prima: debido a su alto valor nutricional y a su adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y geográficas. Además, puede ser utilizada para la elaboración de diferentes productos, lo que permite diversificar la oferta y el mercado.

En cuanto a las perspectivas del financiamiento de proyectos, se pueden encontrar conclusiones en los siguientes aspectos:

- Aumento de la demanda de productos y derivados: la demanda global de quinua y sus derivados sigue en aumento, lo que indica que hay un mercado potencialmente rentable para los productores e inversores.
- Avances en la tecnología y la innovación en la producción y procesamiento: se espera que la tecnología y la innovación en la producción y procesamiento de quinua continúen avanzando, lo que permitirá mejorar la eficiencia y reducir los costos de producción.
- Demanda de alimentos saludables y sostenibles: la demanda de alimentos saludables y sostenibles es cada vez mayor. La quinua puede ser una opción atractiva para los consumidores que buscan alternativas saludables y sostenibles.

- Nuevas oportunidades de mercado: la quinua se puede utilizar para la producción de diferentes productos, como alimentos, cosméticos, medicamentos, entre otros. Esto abre nuevas oportunidades de mercado para los productores e inversores.

Finalmente, se pueden señalar algunas recomendaciones y buenas prácticas para futuros proyectos financiados mediante *Project Finance*:

- Realizar un análisis exhaustivo del proyecto: es fundamental realizar un análisis detallado del proyecto antes de iniciar cualquier actividad. Este análisis debe incluir una evaluación de la viabilidad técnica, financiera y económica del proyecto, así como una identificación y evaluación de los riesgos del proyecto.
- Seleccionar la estructura de financiamiento adecuada: es fundamental para el éxito del proyecto. Se deben considerar diferentes opciones de financiamiento y seleccionar la estructura que mejor se adapte a las necesidades del proyecto.
- Identificar y mitigar los riesgos del proyecto: la gestión adecuada de los riesgos es fundamental para el éxito del proyecto. Se deben identificar los riesgos potenciales y desarrollar estrategias para mitigarlos.
- Seleccionar los inversores adecuados: es crucial para el éxito del proyecto. Es importante identificar inversores que tengan experiencia y conocimiento en el sector y que estén dispuestos a asumir el nivel de riesgo adecuado.
- Elaborar un modelo financiero sólido: es fundamental desarrollar un modelo financiero sólido que incluya un análisis detallado de los flujos de efectivo y de los costos del proyecto. Este modelo financiero debe ser revisado y actualizado regularmente durante su implementación.
- Establecer un sistema de monitoreo y control del proyecto: para identificar los problemas y desviaciones del plan de proyecto. Este sistema debe ser capaz de proporcionar información en tiempo real y permitir la toma de decisiones oportunas.

-
- Realizar una gestión adecuada del presupuesto del proyecto: es fundamental para garantizar que el proyecto se complete dentro del presupuesto asignado. Se debe realizar un seguimiento y control regular del presupuesto y se deben establecer medidas para evitar o corregir los desvíos del presupuesto.
 - Evaluar el impacto social y ambiental del proyecto: es importante evaluar y desarrollar estrategias para mitigar cualquier impacto negativo. Esto incluye la evaluación de la sostenibilidad del proyecto y la consideración de los impactos en la comunidad local.
 - La gestión adecuada de los riesgos, la selección de la estructura financiera adecuada, la identificación de los inversores y la gestión adecuada del presupuesto son fundamentales para el éxito del proyecto. Además, es importante evaluar el impacto social y ambiental del proyecto y establecer un sistema de monitoreo y control para garantizar el éxito a largo plazo.

SOBRE LOS AUTORES



GENARO ARONI JANCO

Asesor técnico. Fundación PROINPA

Ingeniero Agrónomo, especialista en manejo de cultivo orgánico de la Quinua Real y multiplicación de arbustos nativos, pastos para programas de reforestación y cobertura vegetal en condiciones de altiplano sur de Bolivia.

ISABEL ROCÍO AVILÉS JIMÉNEZ

Sub-directora de creatividad UPB

Diseñadora Gráfica y de Interiores, con diplomado en Marketing Digital. Encargada de diseño Institucional en la UPB. Creadora Identidad Corporativa para diversas instituciones y empresas. Diseñadora y diagramadora de la revista digital "Mulier Sapient" con Infante-Promoción Integral de la Mujer y la Infancia. Diseñadora y diagramadora de diferentes libros dentro de la UPB.





JORGE BLAJOS KRALJEVIC

Gerente Técnico, Fundación PROINPA

Ingeniero agrónomo, M. Sc. en Economía agrícola. Especialista en planificación, elaboración y evaluación de proyectos de desarrollo rural. Docente titular de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Simón.

ALEJANDRO BONIFACIO FLORES

Responsable del Centro de Innovación Agrícola en Kiphakiphani, Fundación PROINPA

Ingeniero Agrónomo M.Sc. y Ph.D. Investigador en cultivos andinos y sistemas de producción de zonas áridas con especialidad en Mejoramiento genético de quinua y qañawa. Autor y coautor de variedades mejoradas de quinua y qañawa. Docente emérito en la asignatura de Mejoramiento de Plantas, Facultad de Agronomía, UMSA y Académico de número, Academia Nacional de Ciencias de Bolivia.





JOHNNY ISAÍAS BURGOS MENDOZA

Asesor Académico de Rectorado UPB

Ingeniero Comercial, máster en Ciencias de Administración con mención en Actividades Internacionales, Máster en Administración de Empresas, candidato doctoral. Es Asesor Académico de Rectorado, se desempeñó como Director Académico del MBA Full Time y la MADE. Docente de pre y postgrado en el área de marketing.

MÓNICA YANETH CADENA VACA

Jefe de Carrera de Ingeniería Comercial en el Campus Santa Cruz de la UPB

Ingeniera Comercial de la UAGRM, cuenta con dos diplomados, una Maestría (MADE-UPB), cursando el cuarto año del Doctorado en Administración y Economía en la UPB. Actualmente es Jefe de Carrera de Ingeniería Comercial en el Campus Santa Cruz y docente en FACED.





GISELLE CALVO CÁRDENAS

Encargada de la Carrera de Economía en Campus Santa Cruz e Investigadora en CIEE y CEGIE

Licenciada en Economía, Cum Laude (Universidad Privada Boliviana), con Maestría en Finanzas (Universidad Torcuato Di Tella) y Maestría en Economía (Universidad Privada Boliviana). Obtuvo el Diplomado en Métodos Cuantitativos para el Análisis Económico (Universidad Privada Boliviana) y otro Diplomado en Educación Superior para Entornos Virtuales (UAGRM). Su área de especialidad es análisis de coyuntura financiera y macroeconómica.

CHRISTIAN CHILO HERBAS

Responsable del laboratorio de Producción Audiovisual UPB

Cochabambino, estudió Comunicación Social en la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), especializado en producción audiovisual, actualmente es el encargado del Laboratorio de Producción Audiovisual en la Universidad Privada Boliviana (UPB).





JIMMY CASTO CIANCAS JIMÉNEZ

Responsable del área de Microbiología Agrícola y Planta de Producción de Bioinsumos perteneciente a la Fundación PROINPA

Biólogo de la Universidad Mayor de San Simón, con maestría en Biotecnología Ambiental y Microbiana de la Universidad Mayor de San Andrés y con un Ph.D. de la Universidad de Calgary y la USDA - ARS. Coordinador de investigación desarrollo y producción de microorganismos biocontroladores, solubilizadores de fosfato, fijadores de nitrógeno y metabolitos secundarios.

JUAN PABLO CÓRDOVA OLIVERA

Responsable del Laboratorio de Neuromarketing. Docente Adjunto UPB

Magíster en Administración de Empresas (MBA–UPB) con experiencia en marketing, ventas, investigación de mercados, gestión de costos y estrategia. Ha trabajado en roles de liderazgo en empresas como Clínica Los Olivos y Unilever. Además, realizó investigaciones económicas y empresariales y es responsable del Laboratorio de Neuromarketing de la Universidad Privada Boliviana.





PAMELA CÓRDOVA OLIVERA

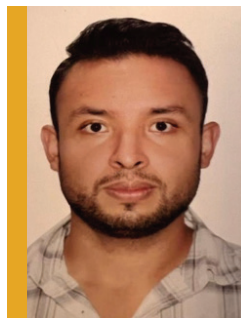
Decana de la Facultad de Ciencias Empresariales y Derecho en la UPB – Investigadora Centro de Investigaciones Económicas y Empresariales (CIEEE)

Ph.D. en Economía y Administración de Empresas con mención en Métodos Cuantitativos por la Universidad Privada Boliviana (UPB), Master en Economía y Desarrollo Económico por la Universidad Mayor de San Simón - Bolivia (becaria de la Cooperación Técnica Belga), Licenciada en Economía con especialización en Desarrollo Económico por la Universidad Mayor de San Simón, especialista en evaluación de impacto CATIE-Costa Rica.

MAURO DELBOY CÉSPEDES

Docente Tiempo Completo de la Carrera de Economía UPB

Ph.D(c). en Economía y Administración de Empresas (Becario de estancia doctoral por la Universidad Roma Tré), Científico de Datos certificado por DataMites - Platzi. Magíster en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad de Santiago de Chile. Diplomado en métodos cuantitativos para el análisis económico y en Creación de Negocios Digitales. Licenciado en Economía con Especialización en Finanzas por la Universidad Privada Boliviana.





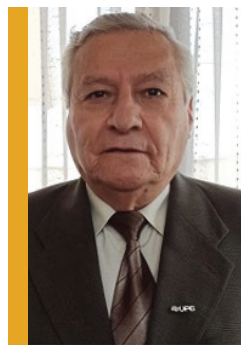
JUAN CARLOS DURÁN MACHICADO

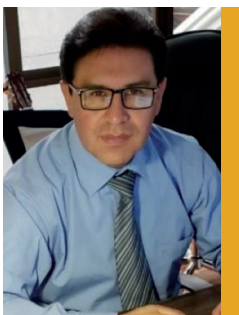
Doctor por el Departamento de Organización de Empresas de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV). Master of Arts por la Oklahoma University, Máster en Defensa y Seguridad Hemisférica por la Universidad del Salvador y el CID. Licenciado en Administración de Empresas por la Universidad Mayor de San Andrés. Desempeñó cargos ejecutivos y realizó trabajos de consultoría en empresas nacionales e internacionales. Sus áreas de estudio e investigación son: marketing, negocios internacionales, emprendedurismo y lucha contra la pobreza. Para este caso en particular fue Director Ejecutivo a.i. del Instituto Nacional de Exportaciones (INPEX).

RAMIRO ESCALERA VÁSQUEZ

*Director Centro de Investigaciones en
Procesos Industriales UPB
Docente Pleno UPB*

Ingeniero Químico, Master en Ingeniería Sanitaria en la Universidad de Gunma, Japón, Doctor en Ingeniería en la Universidad de Shizuoka, Japón. Especialista en tratamiento biológico, físico y químico de aguas potables y residuales, desarrollo de procesos verdes y de técnicas de Producción Más Limpia (PML) para la industria nacional.





FEDERICO FERNÁNDEZ MUÑECAS

Docente de Derecho Administrativo y Regulación UPB

Abogado con 25 años de ejercicio profesional especializado, es candidato doctoral en derecho Constitucional y Administrativo (España-Bolivia), es Master GPP en Gestión y Política Pública MPD-Harvard Inst. Dev. UCB, Catedrático Líder: Maestría en Derecho Administrativo –Univ. Castilla de la Mancha España, especialista en Regulación.

BRANKO LENAR FERNÁNDEZ ROJAS

Docente UPB

Ingeniero Comercial de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, Maestría en Administración de Empresas con énfasis en finanzas, formación en estrategia empresarial. Actualmente dicta cátedra de las materias: Control de Gestión, Administración de Ventas y Estrategia de Precios.





TERESA FIGUEROA ARANÍBAR

Directora Nacional de Marketing UPB

Comunicadora Social con Maestría en Marketing y Ventas. Cuenta con formación ejecutiva en el Programa de Alta Gerencia del INCAE y formación en Psicología del Consumidor. Experiencia en RRPP, gestión de eventos y marketing. Actualmente Directora Nacional de Marketing en la UPB.

ALBERTO GRÁJEDA CHACÓN

Decano Campus Virtual UPB

Formación en Ingeniería de Sistemas, con una Maestría en Ciencias de la Computación y Doctorado en Integración de Nuevas Tecnologías por la UPV de España. Actualmente, Decano del Campus Virtual y Director del Centro de Investigación CITIEE (Centro de Innovación en Tecnologías de Información para Educación y Empresa)



LAURA GUZMÁN NAVARRO

Investigadora Asistente UPB

Licenciada en economía por la Universidad Privada Boliviana con mención en desarrollo económico y la London School of Economics. Actualmente, brinda apoyo de investigación en el Rectorado de la UPB.



ALEJANDRO JIMÉNEZ ALCÓCER

Docente / Investigador UPB

Licenciado en Economía de la Universidad Mayor de San Simón, con una maestría en Educación Superior.

KURT MANFRED JÜRGENSEN FLORES

Jefe de Carrera de Ingeniería Financiera en el Campus Santa Cruz de la UPB

Es Ingeniero de Sistemas de la Universidad de Arizona y tiene un MBA con énfasis en Finanzas de Babson College. Actualmente es el Jefe de Carrera de Ingeniería Financiera en el Campus Santa Cruz de la UPB y es miembro del Directorio y Presidente del Comité de Gestión Integral de Riesgos de Capital + SAFI.





PEDRO MARCOS MUÑOZ

Coordinador de Acceso a Mercados en Swisscontact

Agrónomo con especialización en Desarrollo Sustentable. Trabajó en instituciones públicas, ONG y agencias de cooperación en los sectores de desarrollo rural, seguridad alimentaria, agroecología y adaptación al cambio climático en los países andinos y Centroamérica.

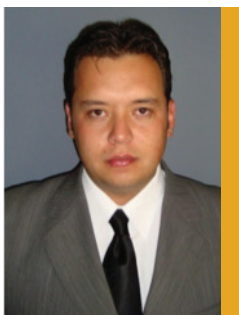
Actualmente trabaja en el Proyecto Mercados Inclusivos facilitando y brindando asistencia técnica para el acceso a mercados de familias productoras en los mercados nacionales en alianza con actores públicos, privados y universidades.

PABLO ANDRÉS MENDIETA SALAZAR

Jefe de Carrera de Administración de Empresas en el Campus Santa Cruz de la UPB

Licenciado en Ingeniería Financiera (UPB) y Magister en Administración y Dirección de Empresas (USACH-UPB). Ocupó los cargos de Gerente Nacional de Administración y Finanzas, Jefe de Tesorería e Inversiones, Jefe de Estructuraciones y Analista de Inversiones. Como docente en la Universidad Privada Boliviana, participó en reconocidos eventos financieros.





ÁLVARO MENDOZA MANFREDI

Ingeniero Comercial, Máster en Negocios Internacionales en la FIU, Máster en Administración de Empresas en la UPB. Actualmente se desempeña como Director Académico de Postgrado en el Campus Santa Cruz de la UPB, también dirige el programa MADE y el MIB. Docente de postgrado en el área de gestión estratégica.

FRANZ MIRALLES GOITIA

Coordinador General del Proyecto Mercados Inclusivos (SWISSCONTACT)

Ingeniero Agrónomo (Zamorano, Honduras); con Maestría en Administración de Empresas (UASB, Bolivia) y en Políticas y Prácticas de Desarrollo (IHEID, Suiza) con Diplomado en Integración de la Adaptación al Cambio Climático en la Planificación del Desarrollo (CATIE, Costa Rica). Forma parte del grupo que lidera la Comunidad de Práctica para la Agricultura Sostenible en Swisscontact Global y es Mentor del Enfoque de Desarrollo de Sistemas Inclusivos (DSI) en Swisscontact para América Latina.





ARIEL MIRANDA HUANCA

Responsable de Promoción de Exportaciones en Swisscontact

Ingeniero Agrónomo (Universidad EARTH de Costa Rica) con Maestría en Políticas y Prácticas del Desarrollo (Suiza) y Auditoría Ambiental (Puerto Rico). Actualmente trabaja en Swisscontact en el área de Promoción de Exportaciones, desde donde facilita e implementa mecanismos de Exportación de alimentos hacia el Mercado Europeo - Nórdico.

HERNÁN NARANJO MEJÍA

Jefe de Carrera de Economía / Docente / Investigador UPB

Ecuatoriano, candidato doctoral por la Universidad Politécnica de Valencia (España), maestría con especialización en Economía, Ambiente y Política, énfasis en Economía Agrícola de Wageningen University (Países Bajos) y es Economista por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ha sido consultor en proyectos elaborados/financiados por entidades como FAO, CARE Internacional, CIP, UNICEF, entre otros.





ÓSCAR NAVIA MONTAÑO

Investigación y desarrollo de estrategias de manejo integrado de enfermedades, Manejo integrado de cultivos MIC, Manejo de bioinsumos, en cultivos de valle, llanos y altiplano Fundación PROINPA.

Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Universidad Mayor de San Simón. Especialidades: Fitopatología, manejo integrado de enfermedades y plagas, manejo integrado de cultivos, Microbiología. Trabajos en todo el país (Valles, Llanos, Altiplano). Más de 100 publicaciones a nivel nacional e internacional (artículos científicos, libros, fichas técnicas, y otros).

NORKA JENNY OJEDA VARGAS

Responsable de análisis financiero Fundación PROINPA

Licenciada en Economía de la Universidad Mayor de San Simón. Actualmente trabaja en Fundación PROINPA con especialidad en servicios de desarrollo empresarial rural, marketing, comercio exterior y aduanas.





ROLANDO OROS MARTÍNEZ

Gerente general Fundación PROINPA

Doctor en Desarrollo rural, Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Simón. Especialista en gestión institucional, y en enfoque participativo para el desarrollo de innovaciones.

PAOLA ALEJANDRA PEREIRA SOLIZ

Ingeniera Financiera con Maestría en Finanzas por la Universidad Privada Boliviana, especializada en valoración de empresas, gerencia financiera, finanzas corporativas, valoración de activos financieros y asesoramiento de inversiones, con amplia experiencia en administración de carteras de Fondos de Inversión. Jefa de Carrera de Ingeniería Financiera y profesora en la UPB.



GIOVANNA PLATA ROSALES

Responsable de AgroLab - laboratorios de Sanidad Vegetal y Microbiología de la Fundación PROINPA

Ingeniera Agrónoma, M.Sc. en Protección Vegetal y Medio Ambiente. Docente de Micología y Bacteriología (Facultad de Agronomía, UMSS), investigadora y desarrollista de estrategias de Manejo Integrado de Cultivo con énfasis en el uso de bioinsumos.



ROSMY POL ROJAS

*Vicerrectora de Formación Continua UPB
Doctora en Economía y Administración
de Empresas de la Universidad de
Sevilla. Tiene una Maestría en Derecho
Corporativo y Regulatorio CESU – UMSS.
Licenciada en Derecho UMSS.*

Docente Titular de programas de
Postgrado de la UPB en Negociación,
Conciliación y Arbitraje. Conciliadora
y Arbitro del Centro de Conciliación y
Arbitraje de la ICAM.

CARMEN CARLA QUIROGA LEDEZMA

*Director e Investigador del Centro de
Investigaciones Agrícolas y Agroindustriales
(CIAA) de la Universidad Privada Boliviana
(UPB)*

Ingeniero químico de la Universidad Mayor
de San Simón (Bolivia), Ph.D. en Ingeniería
de la Universidad de Lund (Suecia), con
especialidades en ciencia y tecnología de
alimentos, prevención de la contaminación,
tratamiento de residuos y sistemas de
gestión ambiental en la industria en Chile,
Alemania, Suecia, USA y Bolivia. Docente
de pregrado y posgrado en las áreas de
especialización.





REINALDO QUISPE TARQUI

Responsable del Laboratorio de Entomología, Regional Altiplano. Fundación PROINPA.

Ingeniero agrónomo de la UMSA. M. Sc. en Entomología de la UNALM (Lima, Perú). Especialista en sanidad vegetal, desarrollo y validación de bioinsumos y estrategias de manejo de insectos plaga. Docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Pública de El Alto (UPEA).

BILMA RÍOS CAERO

Técnica Investigadora y Coordinadora de Control de Calidad de la formulación de bioinsumos de la planta de producción de bioinsumos de la Fundación PROINPA.

Bióloga de la Universidad Mayor de San Simón, con una maestría en curso en Sanidad Vegetal y Medio Ambiente de la Universidad Mayor de San Simón, investigadora de microorganismos biocontroladores y entomopatógenos.





FÉLIX A. RÓDRIGUEZ VERÁSTEGUI

Coordinador de Servicios no financieros, insumos y tecnología SWISSCONTACT

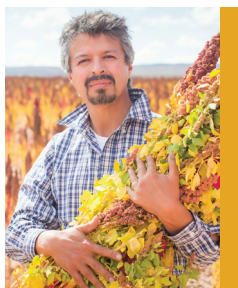
Ingeniero agrónomo de la Universidad Mayor de San Simón, actualmente trabaja en el Proyecto Mercados Inclusivos de la Fundación Suiza para la Cooperación Técnica Swisscontact.

WILFREDO ROJAS

Coordinador Regional Altiplano–Fundación PROINPA

Ingeniero Agrónomo de la Universidad Juan Misael Saracho, M.Sc. Ciencias Vegetales de la Universidad Austral de Chile. Especialista Manejo de Recursos Genéticos de Quinua, Granos Andinos y Agrobiodiversidad. Profesor Germoplasma Nativo y Fitogeografía, Facultad de Agronomía – UMSA (1998-2008). Desde 2008, Profesor de Recursos Fitogenéticos y Bancos de Germoplasma, Carrera Ingeniería Agronómica – UPEA.





JOSÉ GERARDO SANTA CRUZ VACAFLORES

*Encargado de Inteligencia de Mercado en
Jacha Inti Industrial S.A.*

Ingeniero Agrónomo de la Universidad Mayor de San Simón, con maestría en Economía Agrícola de Oklahoma State University, EE. UU. (Fulbright Scholar). Especializado en microbiología de suelos y dinámica de sistemas. Actualmente trabaja en Jacha Inti Industrial S.A. como Encargado de Inteligencia de Mercado y gestor de proyectos de investigación y desarrollo. Anteriormente, fue responsable de la línea de Comercio Justo y del programa de proveedores.

ROSÍO TÁRRAGA LIQUEN

*Coordinadora Empoderamiento de las
Mujeres - Swisscontact Bolivia*

Ingeniera industrial, con estudios de postgrado en Políticas y Prácticas para el Desarrollo – Graduate Institute of International and Development Studies Geneva – Suiza y maestría en Gerencia de Proyectos para el desarrollo Universidad Andina Simón Bolívar. Con más de 10 años de experiencia en diseño, gestión e implementación de proyectos de la cooperación internacional bajo diferentes enfoques y áreas. Fue responsable de género para América Latina y el Caribe en Swisscontact.





ALEJANDRO VARGAS SÁNCHEZ

Doctor en Economía y Administración por la Universidad Privada Boliviana, con Maestría en Finanzas (EMI-EGADE del Tecnológico de Monterrey). Experto en fondos de inversión, gestión de portafolios, mercado de valores, valoración de empresas, finanzas corporativas y mercados financieros. Decano de Facultad de Ciencias Empresariales y Derecho en la UPB.

PABLO EDUARDO ZEGARRA SALDAÑA

Profesor Líder en el área de Innovación y Empresarialismo

Doctor por la Universidad Politécnica de Valencia y la Universidad Privada Boliviana; Magister en Alta Gerencia y Políticas de Salud y Licenciado en Administración de Empresas.



En la Universidad Privada Boliviana se desempeña como Profesor Líder, fue Decano de la Olave School of Business desde el 2013 – 2023, fue Director de la División de Consultoría y Capacitación 2002 – 2012. Presidente de la Fundación Compartir – Cochabamba. Fue Gerente de Comercial Estilo, Importadora Fresal e Industrias Saborita. Cuenta con varias publicaciones en revistas indexadas y capítulos de libros.

ACRÓNIMOS

ABV	Alcohol by Volume (Alcohol por volumen)
ADPIC	Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual
AIA	Acido Indol Acético
ALADI	Asociación Latinoamericana de Integración
ALC	América Latina y el Caribe
AN	Agar Nutritivo
ANAPO	Asociación Nacional de Productores de Oleaginosas y Trigo
ANAPQUI	Asociación Nacional de Productores de Quinua
ANPE	Apoyo Nacional a la Producción y Empleo
AOPEB	Asociación de Organizaciones de Productores Ecológicos de Bolivia
APQUISA	Asociación de Productores de Quinua Salinas
AR	Autoregresiva
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average (Modelo Autoregresivo Integrado de Media Móvil)

ASFI	Autoridad de Supervisión del Sistema Financiero Bolsa
BBV	Boliviana de Valores S.A.
BDP	Banco de Desarrollo Productivo
C.I.C.	Capacidad de Intercambio Catiónico
CABOLQUI	Cámara Boliviana de Exportadores de Quinua y Productos Orgánicos
CADEX	Cámara de Exportadores
CAN	Comunidad Andina de Naciones
CAO	Cámara Agropecuaria del Oriente
CARE	Cooperative for American Remittances to Europe
CFI	Corporate Finance Institute
CIAT	Centro de Investigación Agrícola Tropical
CIDES-UMSA	Ciencias del Desarrollo - Universidad Mayor de San Andrés
CIDRE	Centro de Investigación y Desarrollo Regional
CIID	Centro International de Investigación para el Desarrollo
CIIU	Clasificación Internacional Industrial Uniforme
CIMMyT	Centro International de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CIP	Centro Internacional de la Papa
CIPCA	Centro de Investigación y Promoción del Campesinado

CIPROCOM	Centro de Investigación y Promoción Comunal
CIQ	Centro Internacional de la Quinoa
CIRAD	Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo
CITY	Complejo Industrial y Tecnológico Yanapasiñani
CNAPE	Consejo Nacional de Producción Ecológica
COMPAC	Consolidados del Pacífico
CONAMAQ	Consejo Nacional de Ayllus y Markas del Qullasuyu
CORACA	Corporación Agropecuaria Campesina
CPOP	Clientes de Pleno y Oportuno Pago
DO	Denominación de Origen
DOI	Digital Object Identifier
dS/m	Decisiemens por metro
EC	Conductividad Eléctrica
EMAPA	Empresa de Apoyo a la Producción de Alimentos
ENA	Encuesta Nacional Agropecuaria
ENT	Enfermedades No Transmisibles
EXPOTECO	Exposición, Técnica, Económica y Comercial
FAO	Food and Agricultural Organization
FAUTAPO	Fundación Educación para el Desarrollo
FIA	Fondo de Inversión Abierto
FIC	Fondo de Inversión Cerrado
FIES	Escala de Experiencia de la Inseguridad Alimentaria

FOCASE	Fondo para Capital Semilla
FOGADIN	Fondo de Garantía para el Desarrollo de la Industria Nacional
FONTAGRO	Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria
GEI	Gases de efecto invernadero
GHI	Índice Global de Hambre
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GRIN Global	Germplasm Resource Information Network Global
IAF	Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
IBADER	Instituto de Diversidad Agraria y Desenvolvimiento Rural
IBCE	Instituto Boliviano de Comercio Exterior
IBNORCA	Instituto Boliviano de Normalización y Calidad
IBTA	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria
IBTA-CID	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria - Consortio Internacional de Desarrollo
ICI	Índice de Competitividad Internacional
IFAD	International Fund for Agricultural Development
IgB	Inmunoglobulina A
IgG	Inmunoglobulina G
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INADE/PELTCOTESU	Instituto Atlántico del Seguro

INE	Instituto Nacional de Estadística
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
INIAF	Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
IPC	Índice de Precios al Consumidor
IPGRI	Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
KB	King B
KPI	Key Performance Indicator
Kwh/m ²	Kilowatt - hora por metro cuadrado
LPI	Índice de Desempeño Logístico
LS	Lecho Surtidor
LSTM	Long - Short Term Memory
MDRyT	Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras
MI	Media Móvil
MP	Proteína Miofibrilar
NIMF	Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias
NIT	Número de Identificación Tributaria
NMF	Nación Más Favorecida
OAP	Observatorio Agroambiental y Productivo
OEA	Organización de los Estados Americanos
OLS	Ordinary Least Squares (Mínimos Cuadrados Ordinarios)
OMPI	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual

OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organizaciones No Gubernamentales
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OSA	Anhídrido Octenil Succínico
ORSTOM	Office de la recherche scienfique et technique outre-mer
OVA	Ovoalbúmina
PAHO	Pan American Health Organization
PCR	Reacción en Cadena de la Polimerasa
PDA	Agar, dextrosa y papa
PDES	Plan de Desarrollo Social y Económico
PGPB	Plant Growth Promoting Bacteria
pH	Potencial de Hidrógeno
PMA	Programa Mundial de Alimento
PROINPA	Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos
PYME	Pequeña y Mediana Empresa
QR	Quick Response
RFAA	Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
RMV	Registro del Mercado de Valores
ROC	Certificación Orgánica Regenerativa
RRHH	Recursos Humanos
RRSS	Redes Sociales

SAFI	Sociedades Administradoras de Fondos de Inversión
SEI	Stockholm Environment Institute
SEM	Scanning Electronic Microscope
SENAPI	Servicio Nacional de Propiedad Intelectual
SENASAG	Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria
SEPREC	Servicio Plurinacional de Registro de Comercio
SIBOLIVIA	Crédito para la Sustitución de Importaciones
SIBTA-sinargeaa	Sistema Boliviano de Tecnología Agropecuaria
SIG	Sistemas de Información Geográfica
t/ha/año	Tonelada por hectárea anual
TM	Tonelada Métrica
TRADE MAP	Trade statistics for international business development
UAGRM	Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
UAGRM-FINE	Universidad Autónoma Gabriel René Moreno - Facultad Integral del Noreste
UCB	Universidad Católica Boliviana
UE	Unión Europea
UFV	Unidad de Fomento a la Vivienda
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina

UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo)
UNEP-GEF	United Nations Environment Program - Global Environment Facility
UNTA	Universidad Nacional Técnica del Altiplano
UPB	Universidad Privada Boliviana
UPEA	Universidad Pública de El Alto
USA	United States of America
USD	United States Dollar
USDA	United States Department of Agriculture
UTO	Universidad Técnica de Oruro
WHO	World Health Organization

GLOSARIO

Accesiones: Una muestra distinta, singularmente identificable de semillas que representa un cultivar, una línea de cría o una población y que se mantiene almacenada para su conservación y uso.

Antibiosis: Asociación de dos o más organismos en que uno de ellos sale perjudicado.

Auxinas: Grupo de hormonas vegetales que actúan como reguladoras del crecimiento vegetal.

Bancos y colecciones de germoplasma: Son colecciones de material vegetal vivo, en forma de semillas, bulbos, plantas y tubérculos que tienen los siguientes objetivos: Localizar, recolectar y conservar plantas consideradas de interés prioritario para la sociedad.

Biodiversidad: Refleja la cantidad, la variedad y la variabilidad de los todos los organismos vivos. Incluye la diversidad dentro de las especies, entre especies y entre ecosistemas.

Biocontrolador: Son productos, de origen biológico, que actúan como antagonistas frente a microorganismos patógenos que producen daño en los cultivos. Este tiene la característica de no dejar residuos, y no ser perjudiciales para la salud humana, como tampoco para el medio ambiente.

Bioinsecticida: También llamado biopesticida, bioplaguicida o insecticida biológico, se utiliza para designar a un organismo vivo como hongos, bacterias y virus capaz de matar a los insectos.

Biopelícula: Capa de bacterias u otros microbios que crecen y se adhieren a la superficie de una estructura.

Cebadores: Refiere a la genómica, es un fragmento corto de ADN monocatenario utilizado para determinadas técnicas de laboratorio, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Cepario: Colecciones de microorganismos que son fuentes de recursos genéticos, cuyo propósito es la preservación de la diversidad biológica.

Citoquinas: Proteínas de bajo peso molecular esenciales para la comunicación intercelular.

Depredador: En el caso de los insectos, son aquellos que se alimentan de otros insectos en todos los estados de desarrollo, los mastican y, otras veces, les succionan el contenido interno. Son usados como controladores biológicos de plagas, por ejemplo, las mariquitas y arañas.

Ecotipos: Subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico, un ambiente particular o un ecosistema definido, con unos límites de tolerancia a los factores ambientales.

Endosporas: Estructura de sobrevivencia, espora inactiva bacteriana que tiene la habilidad de sobrevivir a condiciones adversas.

Entomopatógeno: Son microorganismos que atacan a los insectos e incluyen bacterias, hongos, virus y nemátodos. Con pocas excepciones, las enfermedades que atacan a los insectos no causan daño a otros animales tales como mamíferos y pájaros.

Enzimas líticas: Sustancias que facilitan la desintegración o disolución de las células a través de la lisis.

Epizootia: Enfermedad que afecta transitoriamente en una región o localidad y ataca simultáneamente a una gran cantidad de individuos de una o varias especies de animales.

Espora: Célula vegetal reproductora que no necesita ser fecundada.

Etno-variedades: Variedades locales obtenidas por los grupos étnicos que han sido seleccionadas según sus intereses y conservadas mediante reproducción sucesiva por varias generaciones.

Fases fenológicas: Período durante el cual aparecen, se transforman o desaparecen los órganos de las plantas.

Feromona: Son sustancias químicas emitidas por un insecto que le permiten comunicarse con otros individuos de su misma especie, para el apareamiento o con otros fines, como comunicar lugares de oviposición o indicar algún camino.

Filiforme: Que tiene forma o apariencia de hilo, finos y alargados.

Fitohormona: Llamadas también hormonas vegetales, son moléculas de señalización producidas por células vegetales y actúan sobre otras células como mensajeras químicas.

Fitotoxicidad: Grado de efecto tóxico producido por un compuesto sobre el crecimiento de las plantas.

Fumagina: Patología de las plantas producida por el desarrollo de un hongo saprofito sobre un sustrato glúcido presente en la superficie de los vegetales.

Giberelinas: Fitohormonas que regulan varios procesos de desarrollo en plantas, como las del crecimiento longitudinal del tallo, la germinación, la interrupción del período de dormancia, etc.

Hemocele: Cavidad no revestida de peritoneo llena de sangre o hemolinfa característica de muchos invertebrados.

Hemolinfa: Fluido que circula por el interior de algunos animales invertebrados. Se trata de un líquido que, por sus características, resulta equivalente a la sangre de los seres vertebrados. Puede ser de diferentes colores (anaranjado, verdoso o, incluso, incolora).

Humus: Conjunto de los compuestos orgánicos presentes en la capa superficial del suelo, procedente de la descomposición de animales y vegetales.

Larva: En los insectos es el estado de desarrollo, cuando ha abandonado el huevo y es capaz de nutrirse por sí misma, pero aún no ha adquirido la forma y la organización propia de los adultos de su especie.

Metabolitos: Compuestos, generalmente orgánicos, que participan en las reacciones químicas que tienen lugar a nivel celular.

Micoparasitismo: Simbiosis antagónica, cuando un hongo parasita a otro hongo.

Microbiología: Es la ciencia que estudia a los microorganismos, es decir, a los seres vivos que nos son visibles al ojo humano.

Microflora: Generalmente se refiere a la flora del suelo. Está formada principalmente por numerosas especies de actinomicetos, bacterias y hongos, que tiene una acción de gran importancia en los procesos de regeneración de nutrientes, descomposición de sustancias orgánicas, formación y fertilización del suelo, etc.

Ninfa: En los insectos con metamorfosis sencilla, estado juvenil de menor tamaño que el adulto, con incompleto desarrollo de las alas y órganos sexuales, se dice de las etapas o estadios inmaduros que son similares a los adultos.

Parientes silvestres: Organismos que son genéticamente cercanos a las especies que están domesticadas o en proceso de serlo.

Polífago: Que se alimenta de varios huéspedes.

Pupa: Estado de los insectos, intermedio entre larvas y adultos, caracterizado por no alimentarse y una escasa o nula movilidad.

Rastrojo: Residuo de un cultivo que queda en el campo después de la cosecha.

Residualidad: Las trazas que dejan los plaguicidas en los productos tratados por plaguicidas.

Rizósfera: Es la parte del suelo próxima a las raíces de la planta, que se extiende concretamente entre 1 y 3 mm desde la superficie de las raíces al interior del suelo.

Saponina: Glucósidos de esteroides o de triterpenoides, llamadas así por sus propiedades semejantes a las del jabón: cada molécula está constituida por un elemento soluble en lípidos y un elemento soluble en agua, y forman una espuma cuando se las agita en agua.

Saprófita: Organismo que vive sobre materia orgánica en descomposición y se alimenta de ella.

Sideróforos: Compuesto quelante de hierro secretado por microorganismos.

Tegumento: Capa externa de los insectos.



Mercados
INCLUSIVOS



Este libro sobre la quinua se terminó de imprimir
en mayo de 2024

