

Potenciales usos de la diversidad genética de la quinua en la agroindustria: Oportunidades y desafíos

Wilfredo Rojas; Milton Pinto; Amalia Vargas

*Trabajo financiado por: SINARGEAA; Fundación McKnight;
Proyecto UNEP/GEF; Proyecto NUS/IFAD; Fundación PROINPA*

E mail: w.rojas@proinpa.org

Resumen. La quinua, además de sus beneficios para la nutrición y salud, posee una extraordinaria diversidad genética que se expresa en la variabilidad de colores de la planta, inflorescencia y semilla; estas cualidades la convierten en un cultivo con potencial para producir alimentos de calidad. Desde los años ochenta, la quinua ha experimentado un notable incremento de la demanda y a partir del año 2005, se presenta un verdadero *boom* en los volúmenes de exportación del grano y sus productos derivados. Bolivia es líder a nivel mundial en la producción y exportación de quinua, las empresas y/o asociaciones que operan en el rubro, han volcado sus esfuerzos a la exportación de materia prima, que es lo que actualmente predomina en las ventas al exterior y varias de ellas han iniciado la transformación de productos y derivados a base de quinua. Sin embargo, estos productos transformados son elaborados con materia prima que viene de quinua mezclada (diferentes variedades) y por ello a nivel agroindustrial, no alcanzan la calidad requerida por el mercado. En este marco es importante direccionar las oportunidades que brinda la "diversidad genética de quinua", para la elaboración de productos transformados y de esta forma fortalecer la agroindustria de quinua y la economía del país.

Palabras clave: Valor Nutritivo; Valor Agregado; Exportación

Summary. Potential uses of the genetic diversity of quinoa in agribusiness: Opportunities and Challenges. In addition to its benefits for nutrition and health, quinoa, has an extraordinary genetic diversity that is expressed in the variability of its plant colors, inflorescence and seed. These qualities make the crop potential to produce quality food. Since the eighties, quinoa has experienced a notable growth in demand, and it is from 2005, when a boom appears in export volumes of this grain and its derived products. Bolivia is the world leader in quinoa production volumes and export, the enterprises and / or associations operating in the area, have turned their efforts to the export of raw matter, which is what currently dominates sales outside, several ones have also begun transforming products and derivatives based on quinoa. However, processed products, are made with raw matter from mixed quinoa (different varieties) and thus, at agri-industrial level, they don't reach the quality required by the market. In this context, it is important to address the opportunities given by the "quinoa genetic diversity" for the preparation of processed products and thus strengthening the quinoa agribusiness and the country economy.

Keywords: Nutritional Value; Value Added; Export

Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) posee características intrínsecas sobresalientes, entre ellas su amplia variabilidad genética y sus propiedades funcionales. Su diversidad conforma un acervo genético extraordinariamente valioso y se expresa en la variabilidad de colores de planta, inflorescencia y semilla, formas de planta, valor nutritivo, performance productivo y ciclo de cultivo. En los últimos veinte años, se ha generado importante información científica que demuestra los efectos beneficiosos de la quinua para la salud, más allá de la nutrición básica (Rojas *et al.* 2010a). Este conocimiento e información que contempla la diversidad genética de quinua, debe ser utilizado para aprovechar aún más las bondades de la quinua en el consumo y particularmente en la industria.

Desde el punto de vista nutricional y alimentario, la quinua es una fuente natural de proteína vegetal de alto valor nutritivo, por la mayor proporción de aminoácidos esenciales, que le confieren un alto valor biológico, superior al trigo, arroz y maíz y comparable solo con la leche, carne y huevo. Como fuente de proteína vegetal, la quinua ayuda al desarrollo y crecimiento del organismo, conserva el calor y la energía del cuerpo, es fácil de digerir y combinada con otros alimentos forma una dieta completa y balanceada, que puede sustituir alimentos de origen animal (Rojas *et al.*, 2010a; Ayala *et al.*, 2004).

En el país, los trabajos de investigación sobre la mejora genética del cultivo de quinua, se iniciaron en la década de los años sesenta, centrándose en la búsqueda de variedades de grano grande, color

blanco y de alto rendimiento, según la demanda de esa época. Desde los años ochenta, por las expectativas generadas por los mercados de exportación, el cultivo se ha expandido notablemente, y las demandas no solo han incluido la quinua blanca, sino también la roja y la negra. Asimismo, los cambios en el clima han generado nuevas demandas, es el caso de la precocidad, para ajustar las siembras al retraso de las lluvias y lograr cosechas dentro del ciclo de cultivo (Vargas *et al.*, 2013).

Las empresas y/o asociaciones tradicionalmente han concentrado sus esfuerzos en la exportación de materia prima, que es lo que predomina actualmente en las ventas al exterior. Sin embargo, en la última década, han iniciado la transformación y exportación de productos y derivados a base de quinua, la dificultad para lograr productos óptimos competitivos en el mercado internacional, es que los productos son elaborados con quinua mezclada (diferentes variedades) y por ello, a nivel agroindustrial, no es posible alcanzar la misma calidad entre uno y otro preparado del producto.

En consideración a lo indicado, es importante estudiar y aprovechar la oportunidad que brinda la diversidad genética, en la elaboración de productos transformados de quinua, usando en su verdadera magnitud el potencial genético, en beneficio de productos agroindustriales de mejor calidad. Es posible identificar, seleccionar y generar variedades con altos contenidos de proteína, con diámetros de gránulo de almidón pequeño para elaborar pipocas y homogéneas, con porcentajes estables de amilosa y amilopectina para la elaboración de flanes, papillas gelatinizadas, cremas instantáneas, fideos, entre otros.

Diversidad genética agromorfológica, del valor nutritivo y de la aptitud agroindustrial de la quinua

En Bolivia, las primeras iniciativas para implementar una colección de germoplasma de quinua, se remontan a la década de los años sesenta, bajo la iniciativa del Ing. Humberto Gandarillas (Rojas *et al.*, 2010b). En sus orígenes, los esfuerzos se centraron en el registro de información agromorfológica, en 1985 y 2001 se publicó el primer y segundo catálogo de quinua (Espíndola y Saravia, 1985; Rojas *et al.*, 2001).

El catálogo del año 2001, describe la variabilidad genética agromorfológica de 2.701 accesiones de quinua, a través de 59 variables cualitativas y cuantitativas: el documento fue elaborado dentro del periodo de tiempo en que la Fundación PROINPA, estuvo a cargo, en calidad de *custodio de la colección de germoplasma de quinua*, por mandato del Estado Boliviano (Rojas *et al.*, 2010b).

Cuando las quinuas alcanzan la madurez fisiológica, expresan una amplia diversidad de colores de plantas y de granos, entre ellos: blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café claro, café y negro. En la colección boliviana se han caracterizado 66 colores de grano y cuatro formas por el aspecto del endosperma, que confieren a la quinua características que se puede explotar adecuadamente para la elaboración de productos transformados.

Con el fin de incrementar el uso en la elaboración de productos transformados a base de quinua, se promovió la interacción con empresas exportadoras de esta especie. Hasta el año 2010 se logró registrar información del valor nutritivo de 555 accesiones y características agroindustriales de 260 accesiones de la *Colección Boliviana de Quinua* (Rojas y Pinto, 2013).

Un resumen de los parámetros estadísticos, estimados para cada característica del valor nutritivo y agroindustrial de quinua, se presenta en el Cuadro 1, los cuales están expresados sobre base seca (Rojas *et al.*, 2007; Rojas *et al.*, 2010a).

Cuadro 1. Características de valor nutritivo – agroindustrial y estadísticas simples de accesiones del germoplasma de quinua de Bolivia (n = 555 accesiones)

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Proteína (%)	10.21	18.39	14.33	1.69
Grasa (%)	2.05	10.88	6.46	1.05
Fibra (%)	3.46	9.68	7.01	1.19
Ceniza (%)	2.12	5.21	3.63	0.50
Carbohidratos (%)	52.31	72.98	58.96	3.40
Energía (Kcal/100 g)	312.92	401.27	353.36	13.11
Gránulo almidón (μ)*	1	28	4.47	3.25
Azúcar invertido (%)*	10	35	16.89	3.69
Agua de empaste (%)*	16	66	28.92	7.34

Análisis realizado por LAYSAA, Cochabamba, Bolivia;

SD: Desviación estándar; *: n = 266 (Fuente: Rojas, Pinto *et al.*, 2010)

Se observa que las accesiones de quinua muestran una amplia variabilidad para la mayoría de las características estudiadas, lo cual es un indicativo del potencial genético de éste germoplasma.

La Figura 1 muestra la distribución de frecuencias de variación, en el contenido de proteína de 555 accesiones de la colección de quinua de Bolivia. Se puede observar que en la mayor cantidad de accesiones, el contenido de proteína varía de 12.0% a 16.9%, mientras que existe un pequeño grupo de accesiones (42) cuyo contenido fluctúa entre 17% a 18.9%. Este último grupo, constituye una fuente importante de genes, para impulsar el desarrollo de productos con altos contenidos de proteína (Rojas *et al.*, 2010a). Esta información ha sido corroborada en otros estudios similares por Reynaga *et al.*, 2013.

El contenido de grasa fluctúa entre 2.05% a 10.88%, con un promedio de 6.39% (Cuadro 1). β o (1991) y Morón (1999) citados por Jacobsen y Sherwood (2002), indican que el contenido de grasa de la quinua tiene un alto valor, debido a su alto porcentaje de ácidos grasos no-saturados. Se espera que estos

valores sean utilizados en la obtención de aceites vegetales finos, para el uso culinario y cosmético.

La variación genética del *tamaño de gránulo de almidón* fluctuó entre 1 μ a 28 μ (Cuadro 1, Figura 2). Es muy importante que el gránulo de almidón sea pequeño, para facilitar el proceso de texturizado y de insuflado, porque los espacios de gránulo a gránulo permiten introducir mayor cantidad de aire para el intercambio y formación de burbujas de aire (Rojas *et al.*, 2007). Esta característica es importante en su orientación agroindustrial, a fin de realizar distintas mezclas con cereales y leguminosas, aprovechando el carácter funcional de la quinua.

El contenido de *azúcares invertidos*, varía de 10% hasta 35% (Cuadro 1). Esta variable expresa la cantidad de azúcar que inicia la fermentación por el desdoblamiento o inversión, vale decir, es el parámetro para determinar la calidad de los carbohidratos, además que es un parámetro importante por el que se puede clasificar a la quinua como alimento apto para diabéticos.

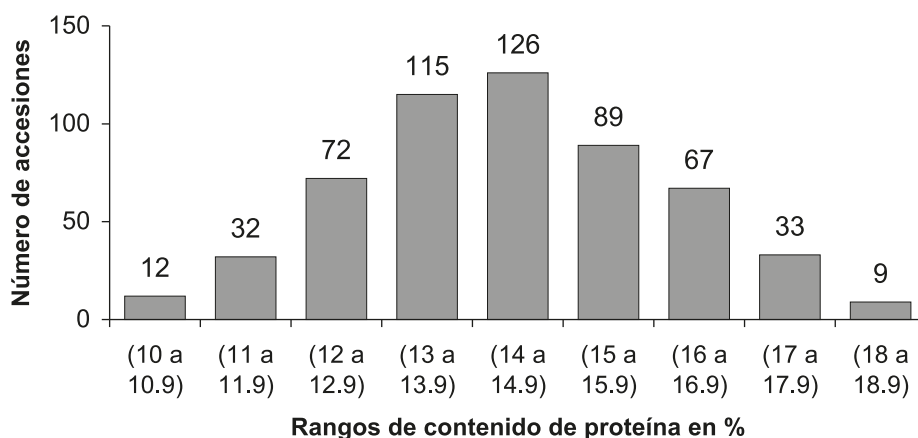


Figura 1. Variación del contenido de proteína de 555 accesiones de quinua

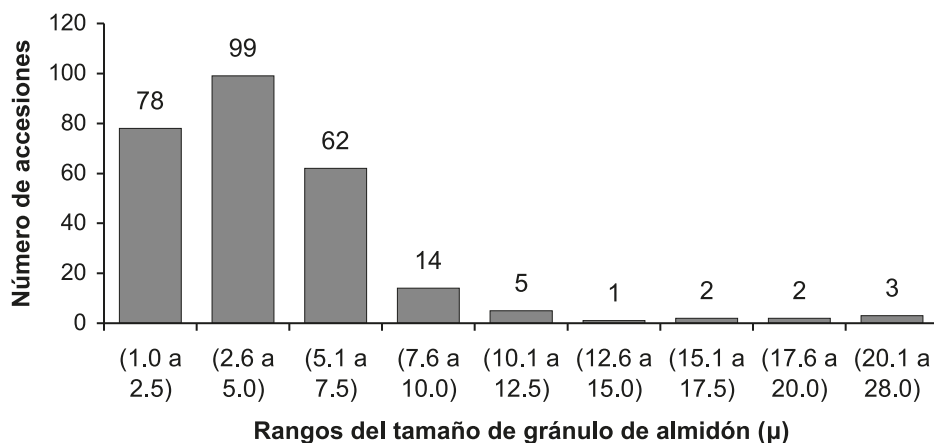


Figura 2. Variación en el tamaño de gránulo de almidón en 266 accesiones de quinua

El porcentaje óptimo del *contenido de azúcar invertido* es $\geq$ a 25%. Las accesiones de quinua analizadas del germoplasma cumplen esta condición y tienen aptitudes para ser usadas en mezclas con harinas para procesar panes, cereales, etc.

La variable *porcentaje de agua de empaste*, muestra un rango de variación de 16% a 66% (Cuadro 1). Esta variable mide la capacidad de absorción de agua del almidón, para los procesos de elaboración de pastas, panificación y bollería. El valor ideal para este parámetro, en aplicación industrial, es $\geq$ a 50%. Considerando esta característica, la variabilidad que presenta la quinua, se constituye en una fuente importante de genes para desarrollar estos productos.

Recientemente la Fundación PROINPA, a través de su programa de mejoramiento de quinua, está priorizando la incorporación de criterios de valor nutritivo y aptitud agroindustrial para el desarrollo de variedades de quinua, buscando al mismo tiempo, que éstas cumplan con parámetros de mercado, productividad y de adaptación al cambio climático.

En el Cuadro 2 se presenta resultados de materiales de quinua que están en proceso de generación de nuevas variedades.

Según el Cuadro 2, la variedad *Kurmi*, tiene 16.11% de proteína. Aplicando el trabajo de selección, a partir de esta variedad, está en proceso de obtención la línea *K-Chullpi*, que incrementó su contenido de proteína a 18.20%, asimismo la línea *K-Chullpi* mejoró su característica de *diámetro de gránulo de almidón*, cuyo valor es de 1.5 μ , respecto a la variedad *Kurmi* que es de 2.1 μ , sin embargo ambas tienen excelentes aptitudes para la elaboración de productos expandidos y pipocas.

Por otra parte, el contenido de hierro, se incrementó notablemente en la línea *K-Chullpi*, llegando a 4.8 mg/100, respecto a la variedad *Kurmi* que tiene 1.2 mg/100 g de materia seca, variedades con estas características pueden ser una alternativa para los programas de desnutrición y lactancia materno infantil que está llevando a cabo el Gobierno Boliviano.

Cuadro 2. Características agromorfológicas, valor nutritivo y aptitud agroindustrial de variedades y líneas de quinua

Nombre de la variedad / línea	Parámetro medido										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Real Blanca	180	125	650	14.5	3.9	60.3	5.2	23	31	12.2	2.1
J'acha Grano	135	120	1400	14.2	3.8	58.3	3.6	21	19	10.5	2.1
Blanquita	170	110	1500	13.8	4.2	39.2	1.1	19	33	16.6	1.8
Kurmi	155	120	1550	16.1	4.3	61.5	2.1	20	26	15.9	1.2
Aynoka	155	110	1200	13.6	4.3	59.3	2.8	21	21	15.1	4.5
Kosuña	155	100	1000	14.8	4.5	49.3	4.8	15	28	15.9	3.5
Línea K-Chullpi	160	115	1250	18.2	3.1	61.4	1.5	18	21	21.5	4.8
Línea 118 Cf	150	115	1250	16.8	6.1	42.1	2.8	15	31	16.5	2.7

Referencias: 1: Madurez fisiológica (días); 2: Altura de planta (cm); 3: Rendimiento de grano (kg/ha); 4: Proteína (%); 5: Fibra (%); 6: Contenido almidón (%); 7: Gránulo de almidón (%); 8: Azúcares invertidos (%); 9: Agua de empaste (%); 10: Amilosa (%); 11: Hierro (mg/100)

Fuente: Elaboración propia en base a análisis realizado por LAYSAA en 2012 en Cochabamba.

Por otra parte, la línea *11Cf*, proviene de la variedad *Aynoka*, si bien hay un incremento de su contenido de proteína, de 13.65% a 16.85% y de fibra de 4.25% a 6.10%. El *diámetro de gránulo de almidón* se mantiene en 2.8 μ , lo cual significa que de ambas, sus aptitudes son expectables para la elaboración de productos expandidos y pipocas; sin embargo en el contenido de hierro, bajó de 4.5 mg/100 a 2.7 mg/100 g de materia seca. En el caso particular de la variedad Real Blanca, ésta tiene un contenido importante de proteína (14.49%), sin embargo por su valor de 5.2 μ en el *diámetro de gránulo de almidón*, no es apta para la elaboración de productos expandidos y pipocas.

Desafíos y oportunidades

En las líneas estratégicas de investigación del cultivo de la quinua, es trascendental considerar la diversidad genética de la que se dispone en el país, que es la más importante a nivel mundial, y

ofrece un enorme potencial para usarla adecuadamente en diversos campos de aplicación, de lo contrario, se continuará sub utilizándola, tal cual hasta ahora se hace, exportando quinua como materia prima de variedades mezcladas.

Existen 66 colores de grano de quinua, cuyas propiedades antioxidantes para contribuir al desarrollo de productos nutraceuticos, aún no han sido estudiadas. A pesar de la amplia diversidad de formas, tamaños y colores de granos de quinua que se tiene, el consumidor -al momento de comprar el producto en los mercados y ferias- diferencia solo tres colores: quinuas blancas, cafés y negras.

Es necesario fortalecer el desarrollo de productos agroindustriales, utilizando adecuadamente la diversidad genética de quinua, y de esta forma generar productos de calidad agroindustrial y repetibles entre las diversas preparaciones que realizan las empresas. La base genética disponible en quinua, también

permite al país tomar el liderazgo en el desarrollo y exportación de productos transformados, con calidad estándar.

Es importante tomar en cuenta, que las variedades potenciales para la agroindustria, también cumplan con los parámetros exigibles para la producción y adaptación al cambio climático, que sean de ciclos precoces para adaptar su cultivo a la variabilidad del clima y a las características propias de cada zona de producción del país.

Se requiere de iniciativas que promuevan el uso de semilla de variedades nativas y mejoradas, considerando que se debe cumplir con requisitos de calidad desde la siembra, de tal forma que el proceso productivo mejore, se alcancen volúmenes que la agroindustria demanda, pero principalmente que contribuya a la sostenibilidad del negocio de la quinua en las zonas productoras.

En este desafío, cada actor involucrado en la producción y comercialización de quinua, juega un rol importante. Sin embargo, este rol será mejor apropiado a partir de una estrategia de país, que guíe el accionar del conjunto de actores que están involucrados en el sector quinero.

Agradecimiento: *El trabajo de la evaluación del valor nutritivo y agroindustrial, fue apoyado económicamente por el Proyecto “Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos”, en el marco del SINARGEAA”, la Fundación McKnight, el Proyecto UNEP/GEF “Conservación In situ de Parientes Silvestres de Cultivos a través del Fortalecimiento del Manejo de Información y su Aplicación en el Campo – Componente Bolivia” y por el Proyecto NUS/IFAD sobre “Especies Olvidadas y Subutilizadas”.*

Referencias citadas

- Ayala, G., Ortega, L., Morón, C. 2004. Valor nutritivo y usos de la quinua. **En:** A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y J. Marathee (Eds.). Quinua: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO-UNA-CIP. Santiago, Chile. pp. 215-253.
- CEDLA. 2013. Cultivo de la quinua y producción capitalista en las comunidades del Altiplano Sur de Bolivia. Boletín de Seguimiento a Políticas Públicas Año X – N° 22. Centro de Estudios para el Desarrollo Laborar y Agrario (CEDLA). Julio 2013. La Paz, Bolivia.
- Espíndola, G., Saravia, R. 1985. Catálogo de quinua del banco de germoplasma en la Estación Experimental de Patacamaya. La Paz, Bolivia, MACA-IBTA pp. 2-11.
- Jacobsen, S., Sherwood, S. 2002. Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Centro Internacional de la Papa (CIP) y Catholic Relief Services (CRS). Quito, Ecuador. 89 p
- Reynaga, A., Quispe, M., Calderón, I. Huarachi, A., Soto, J. 2013. Caracterización físico - química y nutricional de los 13 ecotipos de quinua real (*Chenopodium quinoa* Willd.) del altiplano sur de Bolivia con fines agroindustriales y exportación. pp. 517-524. **En:** Memoria Congreso Científico de la Quinua. 14 y 15 de junio de 2013. Vargas, M. (Ed.). MDRyT, VDRA, INIAF, IICA. La Paz, Bolivia. 682 p.

Rojas, W., Cayoja, M., Espíndola, G. 2001. Catálogo de colección de quinua conservada en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. Fundación PROINPA, MAGDER, PPD-PNUD, SIBTA, UCEPSA, IPGRI, IFAD. La Paz, Bolivia. 129 p.

Rojas, W., Pinto, M., Alcocer, E. 2007. Diversidad genética del valor nutritivo y agroindustrial del germoplasma de quinua. Revista de Agricultura. Año 59 41:33-37. Cochabamba, Bolivia.

Rojas, W., Pinto, M., Soto, J., Alcocer, E. 2010a. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. **En:** W. Rojas, M. Pinto, J. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (Eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. pp. 151-164.

Rojas, W., Pinto, M., Bonifacio, A., Gandarillas, A. 2010b. Banco de germoplasma de granos andinos. **En:** W. Rojas, M. Pinto, J. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (Eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. pp. 24-38.

Rojas, W., Pinto, M. 2013. La diversidad genética de quinua de Bolivia. **En:** Vargas, M. (Editor). Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia. pp. 77-92.

Vargas, A., Bonifacio, A., Rojas, W. 2013. Mejoramiento para calidad industrial de la quinua. **En:** Vargas, M. (Editor). Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia. pp 497-507.

Trabajo recibido el 12 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 19 de junio de 2014

SEMILLA DE QUINUA

La Fundación PROINPA pone a su disposición una amplia gama de variedades de semilla de quinua certificada con pureza varietal superior a 95% y con alto poder germinativo que facilita la obtención de mejores rendimientos en el cultivo.

PROPIEDADES: La oferta de semilla de quinua tiene los siguientes atributos:

- Variedades mejoradas
- Precocidad (120 días)
- Grano de colores: blanca real, grano rojo y grano negro
- Tamaño del grano
- Calidad harinera

VARIEDADES

Se dispone de semilla para diferentes fines comerciales (harinas, grano de color, grano tamaño real, etc) en las siguientes variedades:

- Maniqueña
- Kariquimeña
- Kanchis Blanco
- Kurmi
- Rosa Blanca
- Toledo Rojo
- Amarillo Real
- Jacha Grano
- Puñete
- Moq'o

CONTACTOS

Fundación PROINPA: Av. E. Meneces s/n Km 4 zona El Paso – Cochabamba
Telf.: (591-4) 4319595 int 144 Cel: 71709688

Oficina Oruro: C. Rodríguez # 340
Teléfono/Fax: (591-2) 5284490

