

Guatemala, 01 de marzo 2021



Señor Director
Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

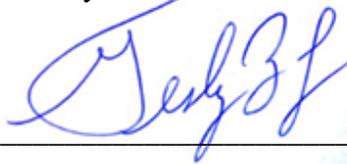
Adjunto a la presente el informe final denominado “**Adaptabilidad del cultivo orgánico de quinua, en el departamento de Jalapa**” con partida presupuestal 4.8.63.4.41, coordinado por el Dr. Gesly Aníbal Bonilla Landaverry y avalado por el Centro Universitario de Sur Oriente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este informe final fue elaborado con base en la guía de presentación de la Dirección General de Investigación, el cual fue revisado su contenido en función del protocolo aprobado, por lo que esta unidad de investigación da la aprobación y aval correspondiente.

Así mismo, el coordinador del proyecto, se compromete a dar seguimiento y cumplir con el proceso de revisión y edición establecido por Digi del **informe final y del manuscrito científico**. El manuscrito científico debe enviarse, por el coordinador del proyecto, para publicación al menos en una revista de acceso abierto (*Open Access*) indexada y arbitrada por expertos en el tema investigado.

Sin otro particular, suscribo atentamente.

“Id y enseñad a todos”



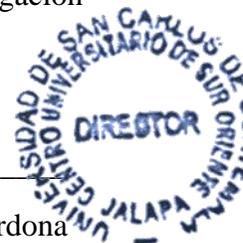
Dr. Gesly Aníbal Bonilla Landaverry

Coordinador del proyecto de investigación



Lic. Edwin Wilfredo Contreras Cardona

Director, Centro Universitario de Sur Oriente



Universidad de San Carlos de Guatemala

Dirección General de Investigación

Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y ambiente

Informe final

Título del proyecto

Adaptabilidad del cultivo orgánico de quinua, en el departamento de Jalapa.

Equipo de investigación

Coordinador: Gesly Aníbal Bonilla Landaverry

Investigadores: Enma Yolanda Turcios Martínez

Oscar Alfredo Sánchez Barrientos

Guatemala, 01 de marzo de 2021

Centro Universitario de Sur Oriente, CUNSORORI

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera

Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Pérez

Coordinador General de Programas

Ing. Agr. Augusto Saul Guerra Gutiérrez

Coordinador del Programa Universitario de investigación en Recursos Naturales y Ambiente.

Dr. Gesly Aníbal Bonilla Landaverry

Coordinador del proyecto

Investigador

Inga. Enma Yolanda Turcios Martínez

Ing. Agr. Oscar Alfredo Sánchez Barrientos

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2020. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.4.41. durante el año 2020 en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente.

Índice de contenido general

Título	5
Resumen	5
Abstract and keywords	6
Introducción	6
Planteamiento del problema	9
Preguntas de Investigación	10
Delimitación de Tiempo y espacio	10
Marco teórico	11
Estado del Arte	25
Objetivo General	26
Objetivos específicos	26
Hipótesis	27
Materiales y métodos	27
Vinculación, difusión y divulgación	37
Productos, hallazgos, conocimientos o resultados	37
Análisis y discusión de resultados	39
Conclusiones	40
Impacto esperado	41
Referencias	42
Apéndice	45

Índice de tablas

1. Composición del valor nutritivo de la quinua	15
2. Descripción de los factores evaluados	30
3. Operacionalización de las variables o unidades de análisis	34
4. Producción de grano	35
5. Datos de temperatura y precipitación mensual en Jalapa	36
6. Fases fenológicas del cultivo de quinua según localidad	36
7. Análisis de varianza	38
8. Prueba de medias de Tukey	38
9. Valor nutricional de quinua por variedad	39

Índice de figuras

1. Área experimental en cada localidad	30
2. Esquema de la unidad experimental consistente en 3 camellones	31
3. Esquema de siembra en los camellones	31
4. Disponibilidad de nutrientes el suelo Mataquesuintla	37

Título del proyecto

Adaptabilidad del cultivo orgánico de quinua, en el departamento de Jalapa.

1. Resumen

Se investigó sobre la adaptabilidad del cultivo de quinua bajo las características climáticas del departamento de Jalapa. En Guatemala no existen estudios concluyentes sobre la manera de cultivar esta especie que sería una nueva alternativa que contribuiría a mejorar la seguridad alimentaria de muchas comunidades. Se decidió realizar un ensayo experimental para evaluar la adaptabilidad mediante un arreglo en parcelas divididas, en donde la parcela grande correspondió a las variedades y la parcela pequeña fueron las localidades. Se obtuvieron datos del comportamiento fenológico de la quinua, para establecer principalmente si las condiciones climáticas como temperatura y precipitación influyen en el rendimiento de esta especie comestible. De acuerdo a los resultados, existieron diferencias significativas entre los tratamientos en donde la variedad Pasankalla en la localidad de Jalapa, que se encontraba a 1,361 msnm con ubicación geográfica: 14° 37'44'' Latitud Norte y 89° 59'17'' Longitud Oeste y presentó los mejores rendimientos con una producción promedio de 1649.50 gramos /parcela 3.64 m² que equivale a 4.53 toneladas por hectárea, muy por encima del rendimiento promedio de 1.16 toneladas por hectárea en países donde la quinua es originaria como Perú y Bolivia. Con los registros de temperatura y precipitación durante el año 2020 de 21 °C y 1045 mm respectivamente se ha podido determinar que el clima en esta región de Guatemala es favorable para el desarrollo cultivo de quinua. Se concluyó que la variedad Pasankalla produce mejores rendimientos que la variedad Collana independientemente de la localidad.

2. Palabras clave

Grano | quinua | adaptabilidad | proteína | fenología

3. Abstract and keyword

The adaptability of the quinoa crop under the climatic characteristics of the department of Jalapa was investigated. In Guatemala there are no conclusive studies on how to cultivate this species, which would be a new alternative that would contribute to improving the food security of many communities. It was decided to carry out an experimental trial to evaluate the adaptability through an arrangement in divided plots, where the large plot corresponded to the varieties and the small plot were the localities. Data were obtained on the phenological behavior of quinoa, mainly to establish whether climatic conditions such as temperature and precipitation influence the performance of this edible species. According to the results, there were significant differences between the treatments where the Pasankalla variety in the town of Jalapa, which was at 1,361 meters above sea level with geographic location: 14 ° 37'44 " North Latitude and 89 ° 59'17 " West Longitude and presented the best yields with an average production of 1649.50 grams / 3.64 m² plot, which is equivalent to 4.53 tons per hectare, well above the average yield of 1.16 tons per hectare in countries where quinoa is native such as Peru and Bolivia. With the temperature and precipitation records during 2020 of 21 °C and 1045 mm respectively, it has been possible to determine that the climate in this region of Guatemala is favorable for the development of quinoa cultivation. It was concluded that the Pasankalla variety produces better yields than the Collana variety regardless of the location.

Grain | quinoa | adaptability | protein | phenology

4. Introducción

En la actualidad a nivel mundial se tienen grandes desafíos sobre la producción de alimentos y la seguridad alimentaria (García-Parra, 2017). Se padece de mala nutrición y se considera que uno de los factores es la escasez de proteína de buena calidad, que supla los requerimientos satisfactoriamente (Herrera, 2013). Según la FAO (2011), tanto en Guatemala como los otros países del istmo centroamericano, las fuentes de proteína son casi exclusivamente provenientes del maíz y del frijol que son de 10 y 28 g/100 g respectivamente. Por lo tanto, es necesario encontrar cultivos con alto potencial proteínico y que produzcan alimentos de calidad, en ese sentido se considera que la quinua presenta un alto potencial tanto desde sus bondades

nutritivas (Chito, Ortega, Ahumada y Rosero, 2017), además tiene un nivel de 16.5 g/100 g, con una versatilidad agronómica 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 tienen limitaciones en la producción de alimentos, así también es bajo su costo de producción, ya que es un cultivo poco exigente en insumos y mano de obra. En los últimos años también se han realizado estudios de esta especie como alternativa alimenticia de personas diabéticas (Hernández, 2015) y prediabéticas (Abellán, Barnuevo, García, Contreras, Aldeguer, Soto, Guillén, Luque, Quinde, Martínez y López, 2017).

Para Muñoz (2013), las plantas alimenticias han sido valoradas por la humanidad dependiendo de qué tan nutritivas son, por las transformaciones que sufren al ser ingeridas y más aún por los resultados alimenticios que produce en el consumidor. Según PROINPA (2003), la quinua es un recurso alimenticio natural de alto valor nutritivo, cuya importancia es cada vez más reconocida en la seguridad alimentaria, para las generaciones presentes y futuras. Los pueblos indígenas andinos han mantenido, controlado, protegido y preservado este cultivo alimentario utilizando sus conocimientos y prácticas tradicionales (Eguren, 2016). También en la actualidad es considerada un producto “estrella” en el mundo por sus propiedades nutritivas y medicinales (Gracia, 2013).

Según OPS/OMS (2009), Guatemala es un país vulnerable a la desnutrición y que el departamento de Jalapa se encuentra incluido entre los más afectados en este aspecto por pertenecer al corredor seco. Se pretendió con esta investigación evaluar la adaptabilidad del cultivo de quinua en tres localidades, porque no existen muchos estudios en Guatemala y aunque en otros países se investiga mucho este cultivo (García-Parra y Plazas-Leguizamón, 2019), se considera que en el futuro pueda convertirse para Guatemala en un nuevo cultivo complementario a los tradicionales, pero con un valor proteico superior a los ya existentes y consumidos por la población, ya que según FAO (2011) la quinua contiene todos los aminoácidos esenciales por lo que se considera un alimento con proteína completa (Veloza, Romero y Gómez 2016), además contiene vitaminas esenciales, minerales y casi dos veces más fibra que la mayoría de los granos, la cual ayuda a regular el sistema digestivo, así también tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes climas desde el desértico hasta climas cálidos y secos (Bilalis, Roussis, Kakabouki,

and Folina, 2019), es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo.

Se decidió realizar un experimento que consistió en evaluar dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*) en tres localidades con distintas altitudes con el objeto de determinar si las condiciones climáticas influyen en el desarrollo y rendimiento del cultivo. Las localidades se encontraban a 1361 msnm, San Pedro Pinula 1116 msnm, y Aldea El Refugio, Mataquescuintla a 2201 msnm. Se obtuvo semillas de dos variedades Collana y Pasankalla. Se decidió utilizar un diseño experimental factorial con arreglo en parcelas divididas, en donde la parcela grande correspondió a las variedades y la parcela pequeña fueron las localidades.

Uno de los grandes retos en el mundo es incrementar la producción de alimentos de buena calidad que nutran a la población, y la FAO, (2011), considera que la quinua es una alternativa para aquellos países que sufren de inseguridad alimentaria y le ha llamado el grano de oro por ser un alimento alto en proteína y que contiene casi todos los aminoácidos esenciales para la buena nutrición.

Se estudió la adaptabilidad del cultivo de quinua bajo las características climáticas en tres localidades se encontraban en Jalapa a 1361 msnm con ubicación geográfica 14° 37'44'' Latitud Norte y 89° 59'17'' Longitud Oeste; San Pedro Pinula a 1116 msnm con ubicación geográfica 14° 40'39.8'' Latitud Norte y 89° 52' 53.2'' Longitud Oeste y Aldea El Refugio, Mataquescuintla a 2201 msnm con ubicación geográfica 14° 33'41.4' Latitud Norte y 90° 08' 38.5'' Longitud Oeste. Se obtuvo semillas de dos variedades Collana y Pasankalla. Se decidió utilizar un diseño experimental factorial con arreglo en parcelas divididas, en donde la parcela grande correspondió a las variedades y la parcela pequeña fueron las localidades.

5. Planteamiento del problema

Según la FAO (2011), tanto en Guatemala como los otros países del istmo centroamericano, las fuentes de proteína provienen casi exclusivamente del maíz y del frijol que son de 10 y 28 g/100 g respectivamente. Por lo tanto, es necesario encontrar cultivos con alto potencial proteínico y se considera que la quinua presenta un alto potencial tanto desde sus bondades nutritivas (Chito, Ortega, Ahumada y Rosero 2017), con un nivel de 16.5 g/100 g de proteína, como por la versatilidad agronómica 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 tienen limitaciones en la producción de alimentos, así también es bajo en cuanto a sus costo de producción, ya que es un cultivo poco exigente en insumos y mano de obra. En los últimos años también se han realizado estudios de esta especie como alternativa alimenticia de personas diabéticas (Hernández, 2015) y prediabéticas (Abellán, Barnuevo, García, Contreras, Aldeguer, Soto, Guillén, Luque, Quinde, Martínez y López 2017).

Conociendo lo anterior y considerando que según OPS/OMS (2009) Guatemala es un país vulnerable a la desnutrición y que el departamento de Jalapa se encuentra incluido entre los más afectados en este aspecto por pertenecer al corredor seco, se procedió a realizar esta investigación tratando de evaluar lo fenológico y principalmente experimentando la adaptabilidad del cultivo de quinua en tres localidades. Se considera que en el futuro pueda convertirse en un nuevo cultivo complementario a los tradicionales, pero con un valor proteico superior a los ya existentes y consumidos por la población, ya que según FAO (2011) la quinua contiene todos los aminoácidos esenciales por lo que se considera un alimento con proteína completa, además contiene vitaminas esenciales, minerales y casi dos veces más fibra que la mayoría de los granos, la cual ayuda a regular el sistema digestivo, así también tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes climas desde el desértico hasta climas cálidos y secos (Bilalis, Roussis, Kakabouki, and Folina, 2019), es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo. Por lo que se consideró que al ser viable su cultivo en el departamento de Jalapa servirá posteriormente para incluirlo en la dieta diaria ya que existe diversidad de formas de utilización para consumo humano y así contribuir de gran manera a mejorar la nutrición y seguridad alimentaria de la población.

6. Preguntas de investigación

Con lo expuesto en el planteamiento del problema y respecto al tema de investigación, se plantearon las siguientes preguntas:

6.1 General

6.1.1 ¿Es adaptable el cultivo de quinua a las condiciones edafoclimáticas del departamento de Jalapa?

6.2 Especificas

6.2.1 ¿Las condiciones edafoclimáticas del departamento de Jalapa contribuyeron al cultivo de quinua?

6.2.3 ¿Se obtuvo un rendimiento de quinua similar al de los países productores?

6.2.4 ¿Se favoreció la calidad nutricional del grano de quinua cultivado en el departamento de Jalapa, bajo determinadas condiciones agronómicas?

6.2.5 ¿Es viable económicamente el cultivo de quinua en el departamento de Jalapa?

7. Delimitación en tiempo y espacio

7.1 Delimitación en tiempo:

Se realizó la investigación del 1 de febrero al 30 de noviembre del año 2020. Durante febrero y marzo se obtuvieron datos y antecedentes de este cultivo, se consideró abril para preparación de terreno, tomando en cuenta que se necesitaba humedad, ya que las primeras lluvias se dieron en este mes. En mayo se estableció el cultivo y los siguientes meses se utilizaron para su desarrollo, cosecha y análisis correspondientes.

7.2 Delimitación espacial:

Esta investigación se realizó en tres localidades: La cabecera municipal de Jalapa con altitudes correspondientes a 1,361msnm, ubicación geográfica 14°37'44" Latitud Norte y 89°59'17" Longitud Oeste; San Pedro Pinula a 1,116 msnm con ubicación geográfica 14°40'39.8", Latitud Norte y 89°52'53.2" Longitud Oeste; Aldea El Refugio, Mataquescuintla 2,201 msnm con ubicación geográfica de 14° 33'41.4" Latitud Norte y 90°08'38.5 Longitud Oeste.

8. Marco teórico

8.1 Descripción general de la quinua:

Según Bernal (2015), la quinua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia Chenopodioideae de las amarantáceas. Es un cultivo que se produce en los Andes de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y del Perú además de los Estados Unidos, siendo Bolivia el primer productor mundial seguido del Perú y de los Estados Unidos. Se le denomina pseudocereal porque no pertenece a la familia de las gramíneas (poáceas) en que están los cereales "tradicionales" como trigo y cebada, pero debido a su alto contenido de almidón (58 a 68%), se utiliza similar a un cereal.

Para Portilla (1955), la quinua es un alimento riquísimo en albúmina (16 a 20%), superior a los cereales tradicionales como arroz, trigo que vendría a nivelar o equilibrar el excesivo consumo de hidratos de carbono y a aumentar siquiera en pequeña parte la ración de grasas y proteínas de los obreros y campesinos que la consumen. La quinua constituyó la base de la alimentación de los indígenas de la América Meridional, según testimonios de los descubridores y cuyo gusto alimenticio aún se conserva en nuestros días entre los campesinos de los países mencionados.

8.1.1 Variedades de quinua

Según la Promoción Nacional de Productos Andinos (PROINPA, 2003), la quinua blanca, también conocida como quinua dorada es la más reconocida y la que más se comercializa. Además, existen la quinua roja, la negra, la naranja, e incluso la morada. No hay mucha

diferencia entre ellas en cuanto a las propiedades nutritivas pero cada una tiene su sabor y textura característicos.

Quinoa blanca

La versión clásica tiene el sabor más delicado y gracias a su textura ligera queda más esponjosa una vez cocinada.

Tal vez es la variedad más versátil, y de mejor sabor como una base para ensaladas, reemplazar el arroz en nuestros platos o darles consistencia a las tortitas.

Quinoa roja

En comparación con la blanca, la quinoa roja proporciona un porcentaje ligeramente más alto de proteínas con 17% y también es más rica en riboflavina. Cocinada, la quinoa roja tiene un color marrón y un sabor comparativamente más intenso que la blanca, con un toque más fuerte a nueces. Combina muy bien en ensaladas, sobre todo las que lleven frutas o frutos secos. Requiere aproximadamente 3-4 minutos de cocción más que la blanca.

Quinoa negra

La quinoa negra destaca por su contraste de sabor a tierra junto con un toque dulce sutil. Requiere aproximadamente 5-6 minutos de cocción más que la blanca.

8.2 Descripción taxonómica de la quinoa

De acuerdo a Villegas (2010), la quinoa se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Sub familia: Chenopodioideae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium quinoa*

8.3 Descripción botánica de la quinua

La quinua es una planta alimenticia de desarrollo anual, dicotiledónea que usualmente alcanza una altura de 1 a 1.5 metros. Las hojas son anchas y poliformas (diferentes formas en la misma planta), El tallo central comprende hojas lobuladas y quebradizas. El tallo puede tener o no ramas, dependiendo de la variedad o densidad del sembrado. Las flores son pequeñas y carecen de pétalos. Generalmente son bisexuales y se autofertilizan. El fruto es seco y mide aproximadamente 2 mm de diámetro (de 250 a 500 semillas por grano), circundando al cáliz, el cual es del mismo color que el de la planta. Da una cosecha anual, y su tamaño puede ser de 1 a 3,5 metros de alto. Las semillas pueden ser blancas, cafés amarillos, grises, rosadas, rojas o negras, y se clasifican según su tamaño en grandes, medianas y pequeñas (Porrás, 2012).

Raíz:

El tipo de raíz en la quinua varía de acuerdo con las fases fenológicas. Empieza con raíz pivotante terminando en raíz ramificada con una longitud de 25 a 30 cm., según el eco tipo, profundidad del suelo y altura de la planta; la raíz se caracteriza por tener numerosas raíces secundarias y terciarias (Porrás, 2012).

Tallo:

La quinua tiene tallos delgados de forma tubular y pueden poseer o no ramas secundarias. Es cilíndrico y herbáceo anual a la altura del cuello cerca a la raíz y de una forma angulosa a la altura donde se insertan las ramas y hojas, estando dispuestas en las cuatro caras del tallo, la altura es variable de acuerdo a las variedades y siempre terminan en una inflorescencia; cuando la planta es joven tiene una médula blanca y cuando va madurando se vuelve esponjosa, hueca sin fibra, sin embargo la corteza se lignifica, el color del tallo es variable, puede ser púrpura como la Pasankalla, blanco cremoso (Blanca de Juli) y con las axilas coloreadas como la blanca de Juli, en toda su longitud; colorada como la kancolla y otros colores según el ecotipo de cada zona (el color varía de acuerdo con las fases fenológicas, se pueden diferenciar bien los colores en la floración). Cuando se tiene plantas monopódicas (de un solo tallo), se puede inducir

cortando la yema apical para tener plantas simpódicas (de varios tallos); esta técnica se debe realizar antes del inicio de panojamiento (Porras, 2012).

La quinua alcanza una altura de 1 a 1.5 metros; sus hojas son de forma rómbica triangular, dentadas, algo carnosas que llevan tanto en el haz como en el envés numerosísimas glándulas globulosas, muy pequeñas (que les dan un color blanquecino). A medida que la hoja crece, el líquido que llenan las glándulas va siendo absorbido, de manera que las hojas maduras ya no las llevan, sobre todo en el haz, quedando solamente unas pocas en el envés. El líquido contenido en las glándulas foliares no ha sido aún estudiado (Portilla, 1955).

Flores:

La inflorescencia es en forma de racimos compuestos que se presentan en los ápices del tallo y de todas sus ramificaciones, formándose un racimo en la axila de cada hoja, por lo cual el número de semillas que produce cada planta es considerablemente grande (Portilla, 1955).

Fruto:

Nuez con tamaño de uno a dos milímetros de diámetro y semillas de color diverso.

Semillas:

Tienen una forma cilíndrica, con las bases ligeramente esféricas, su diámetro es de dos milímetros aproximadamente, por una altura de siete a ocho décimas de milímetro. De 250 a 300 semillas pesan un gramo. El embrión es anular, de color amarillento, y rodea a un núcleo farináceo, blanquecino, constituido en su mayor parte por almidón: en tanto que el embrión lo está por proteínas y materias grasas. De manera que la semilla semeja a un queso minúsculo, de forma cilíndrica, contenido en su aro, estando el conjunto rodeado por la película celulósica, la cual, a su vez, está revestida de sustancia muy soluble en agua y en los álcalis, insoluble en los ácidos (los cuales la precipitan de sus soluciones acuosas), de sabor amargo y que, por propiedad de formar espuma en el seno del agua, se la considera como una saponina. El grano queda libre de la saponina por repetidos lavados con agua, facilitándose la operación si el lavado se efectúa con agua a la que se ha añadido una pequeña cantidad de cal (0.1 por 100). El grano húmedo, ya

libre de la saponina, debe secarse inmediatamente, pues de no hacerlo así se germina al cabo de seis a doce horas. La desecación puede hacerse a la sombra o al sol (Portilla, 1955).

8.4 Propiedades nutricionales de la quinua

Las bondades peculiares del cultivo de la quinua están dadas por su alto valor nutricional. El contenido de proteína de la quinua varía entre 13.81 y 21.9% dependiendo de la variedad. Debido al elevado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quinua es considerada como el único alimento del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran extremadamente cerca de los estándares de nutrición humana (FAO, 2011). Al respecto Risi (Citado por Bojanic, 2011) acota que el balance de los aminoácidos esenciales de la proteína de la quinua es superior al trigo, cebada y soya, comparándose favorablemente con la proteína de la leche.

La composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con la carne, el huevo, el queso y la leche se presenta en la tabla 1.

Tabla 1

Composición del valor nutritivo de la quinua en comparación con alimentos básicos (%)

Componentes (%)	Quinua	Carne	Huevo	Queso	Leche Vacuna	Leche Humana
Proteínas	1300	30.00	14.00	18.00	3.50	1.80
Grasas	6.10	50.00	3.20		3.50	3.50
Hidratos de carbono	71.00					
Azúcar					4.70	7.50
Hierro	5.20	2.20	3.20		2.50	
Calorías 100 g	350	431	200	24	60	80

Nota: La información de esta tabla está basada en el Informe agroalimentario (MDRT-BOLIVIA, 2009)

8.5 Composición y valor funcional

Según FAO (2011), para algunas poblaciones del mundo incluir proteínas de alta calidad en sus dietas constituye un problema, especialmente en aquellas que escasamente consumen proteína de origen animal y deben obtener proteínas de cereales, leguminosas y otros granos.

Aun cuando el aporte energético de estos alimentos es adecuado, las concentraciones insuficientes de aminoácidos esenciales (AAE) pueden contribuir a aumentar la prevalencia de la desnutrición.

Una característica fundamental de la quinua es que el grano, las hojas y las inflorescencias son fuentes de proteínas de muy buena calidad. La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que por ejemplo las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos.

Sin embargo, a pesar de su buen contenido de nutrientes, las investigaciones realizadas concluyen que los aminoácidos de la proteína en la harina cruda y sin lavar no están del todo disponibles, porque contienen sustancias que interfieren con la utilización biológica de los nutrientes. Estas sustancias son los glucósidos denominados saponinas (FAO, 2011).

La quinua posee aproximadamente 16 g por cada 100 g de peso en seco de fibra dietética total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal que actúa como un depurador del cuerpo, logrando eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo. Produce sensación de saciedad. El cereal en general y la quinua en particular, tiene la propiedad de absorber agua y permanecer más tiempo en el estómago (FAO, 2011).

8.6 Propiedades nutraceuticas y medicinales

Cabe destacar que la quinua contiene fibra dietario, es libre de gluten y además contiene dos fitoestrógenos, daidzeína y genisteína, que ayudan a prevenir la osteoporosis y muchas de las alteraciones orgánicas y funcionales ocasionadas por la falta de estrógenos durante la menopausia, además de favorecer la adecuada actividad metabólica del organismo y la correcta circulación de la sangre (García-Parra, 2017).

8.7 Uso medicinal

Las aplicaciones de la quinua en la medicina tradicional son conocidas desde tiempos remotos. En las comunidades del altiplano y los valles se menciona que los curanderos Kallawayas (en Aymara significa portadores de yerbas medicinales) hacen múltiples usos de la quinua para fines curativos e inclusive mágicos, utilizando por ejemplo el grano, los tallos, y las hojas para este fin. Los modos de preparación y de aplicación varían para el uso interno como externo. Entre sus usos más frecuentes se pueden mencionar el tratamiento de abscesos, hemorragias y luxaciones (FAO, 2011)

Según Zalles y De Lucca (2006), el cocimiento de 5 cucharadas de semillas de quinua en dos botellas de agua es un buen sudorífico. Este mismo cocimiento, endulzado con miel de abejas o chancaca, es un remedio probado contra las afecciones bronquiales, catarro, tos e inflamación de las amígdalas.

8.8 Usos

Para FAO (2011) Los granos de la quinua se utilizan previa eliminación del contenido amargo para la elaboración de ensaladas, entradas, guisos, sopas, postres, bebidas, pan, galletas, tortas, pudiendo prepararse en más de 100 formas diferentes. Las semillas germinadas son también un alimento exquisito y muy nutritivo, sobre todo para aquellas personas vegetarianas.

Las hojas y plántulas tiernas se utilizan como reemplazo de las hortalizas de hoja (acelga, espinaca, col, etc.), hasta la fase fenológica de inicio de panojamiento (hojas) y plántula hasta la fase de ramificación; con ellas se prepara: ensalada especial de quinua, ensalada mixta, ensalada de papas con hojas de quinua, ensalada jardinera de quinua, ají de hojas tiernas de quinua, crema de hojas de quinua.

También se pueden utilizar las inflorescencias tiernas completas hasta la fase fenológica de grano lechoso, en reemplazo de hortalizas de inflorescencia como el brócoli y coliflor, etc.

8.9 Cultivo de quinua orgánica

8.9.1 Preparación de suelos

Los factores más importantes para el establecimiento del cultivo y obtención de buenos rendimientos de granos, es la buena preparación de suelos. Una buena preparación del suelo facilita la germinación de las semillas y emergencia de las plántulas. También influye la época de preparación y los instrumentos utilizados. La época adecuada es inmediatamente después de la cosecha del cultivo anterior; con esto se consigue incorporar los residuos de cosecha y que tiene incidencia preferentemente en el período de cosecha, ataca particularmente a la panoja y puede destruir un cultivo en menos de una semana. Tratamiento: A base de hojas y tallos de eucalipto o molle, hervidos en agua y aplicación quincenal (3 kilogramos en 18 litros de agua), colar y aplicar en su totalidad sin disolver (Silva, 2009).

8.9.2 Labores culturales

Deshierbo:

En los primeros estados fenológicos los campos de cultivo de quinua son invadidos rápidamente por las malezas como Chiriro, Cebadilla, Mostazilla, Bolsa de pastor, luego aparecen el trébol carretilla, Alfilerillo, Kora y otros. Estas malezas pueden eliminar al cultivo por ahogamiento o asfixia, por lo que cuando más temprano se efectúe el deshierbo (40 a 45 días después de la siembra), será menor la competencia por sustancias nutritivas y agua; siendo recomendable realizar la misma hasta antes del inicio de panojamiento.

Rastrado:

Se efectúa antes de la siembra y consiste en el desmenuzamiento de los terrones. Debe ser en forma cruzada unas dos o tres pasadas de rastra.

Nivelado:

Si aún después de pasada la rastra queda terrones en el suelo, se puede usar rodillo para desmenuzar los terrones. El agricultor lo efectúa haciendo jalar tabloncillos pesados a la yunta, lo cual ayuda al nivelado del terreno.

Surcado:

Se efectúa haciendo surcos distanciados a 0.5 m a 0.7 m con la yunta. El tapado, preferentemente debe hacerse con ramas o con la pasada de una manada de ovejas. Luego es necesario proteger contra los pájaros, colocando espantapájaros.

Siembra:

La siembra se efectúa a chorro continuo, usando de 10 a 12 kg/ha de semilla seleccionada y proveniente de semilleros con un poder germinativo no menor al 95 % y un valor cultural no menos del 85 %. Se distribuye la semilla uniformemente, ya sea con la mano o usando tubos con pequeñas perforaciones en la base, debiendo colocar en el fondo del surco y evitando que la semilla entre en contacto con el abono. La profundidad de enterrado de los granos de quinua no debe ser superior a los 1 ½ cm en suelos francos y de 2 cm, en suelos secos y arenosos, para evitar el tostado y reventado de la semilla en días soleados. Luego es necesario proteger contra los pájaros, colocando espantapájaros.

Fertilización:

Se puede usar 8 a 12 tm/ha de compost o humus. Se sugiere realizar tres aplicaciones de fertilizante durante la etapa del cultivo: primero al deshierbo (40 días), segundo a la formación de la panoja y tercero durante la floración, 4 litros de Biol (es el resultado de la fermentación de estiércol y agua a través de la descomposición y transformaciones químicas de residuos orgánicos en un ambiente anaerobio) disueltos en 15 litros de agua para mochila de 20 litros.

Cosecha:

Se realiza cuando las plantas están secas y los granos están duros, después de 7 a 9 meses. Corte o Siega: De preferencia en horas de la mañana, para evitar la caída de granos.

Parveado:

Se realiza para terminar de secar los granos al sol. Trilla: En lonas limpias, se procede a golpear para separar los granos de la panoja. Rendimiento: Un promedio de 2 a 3.5 tm/ha.

Post cosecha: Venteado y Limpieza: Se realiza de preferencia en horas de la tarde, aprovechando el viento, usando tazones y lonas limpias.

Secado: Tender en lonas secas y limpias para secar totalmente los granos por 3 a 4 días.

Almacenamiento: En envases de polietileno nuevos, conservar en lugares apropiados sobre parihuelas de madera seca, limpios y tratando de evitar presencia de roedores y otras plagas.

Antes del ensacado se debe zarandear para tener más limpios los granos (Silva, 2009).

8.10 Requerimiento ambiental del cultivo de quinua

Según León (2006), indica que las condiciones climáticas y el suelo tienen influencias en la producción y productividad de la quinua, el clima está determinado por una serie de factores tales como altitud, precipitación, temperatura, latitud, vientos, iluminación etc. Dado a su cultivo en zonas marginales de los andes altos, la quinua se enfrenta con altos riesgos ambientales como heladas, sequías prolongadas, granizo, vientos fuertes, suelos pobres ácidos y básicos, en lo siguiente se detallan las tolerancias y necesidades de la quinua frente a estos factores ambientales.

Clima en general:

Para FAO (2011) la quinua debido a su amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas.

8.10.1 Suelo

Estudios realizados por León (2006), mencionan que la quinua prefiere suelos francos, semi profundos, con un buen contenido de materia orgánica y sobre todo que no se saturan de agua ya que con tan solo 4 a 5 días de exceso de humedad se afectará su desarrollo.

8.10.2 pH y salinidad

Según Mujica et al., (2004), el pH del suelo debe ser neutro o ligeramente alcalino, aunque algunas variedades procedentes de los salares en Bolivia, pueden soportar hasta pH 8, demostrando su carácter halófilo, asimismo se ha encontrado quinua de suelos ácidos con un pH 4,5 en las comunidades de Michiquillo y Cajamarca, Perú.

8.10.3 Precipitación

FAO (2011), menciona que el cultivo de la quinua es un organismo eficiente en el uso, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al déficit de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo, a la quinua se le encuentra creciendo y dando producciones aceptables con precipitaciones de 300 a 1,000 mm. Las condiciones pluviales varían según la especie y/o país de origen.

8.10.4 Temperatura

La temperatura media está alrededor de 15 a 20 °C, sin embargo, se ha observado que con temperaturas medias de 10 °C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25 °C, prosperando adecuadamente, al respecto se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos 8 °C, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano. También se ha observado que con temperaturas por encima de los 38°C produce aborto de flores y muerte de estigmas y estambres, imposibilitando la formación de polen y por lo tanto impidiendo la formación de grano (FAO, 2011).

8.10.5 Fotoperiodo

El fotoperiodo de la quinua es variable según indica León (2006), pues el fotoperiodo de la quinua depende de su lugar de origen: Variedades que viene cerca de la línea ecuatorial son

cultivos de días cortos en dos aspectos de su desarrollo, necesitan por lo menos 15 días cortos (< que 10 horas de luz) para inducir la floración y también para la maduración de los frutos.

En este cultivo prospera adecuadamente con 12 horas de luz por día en el hemisferio sur, sobre todo en el altiplano Perú – Bolivia.

8.10.6 Altitud

Según la Promoción Nacional de Productos Andinos (PROIMPA, 2003), la quinua se adapta desde el nivel del mar hasta más de 4000 msnm. Sin embargo, el rango óptimo de desarrollo está entre los 2500 y 4000 msnm.

La FAO (2011), menciona que el cultivo de la quinua crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4000 metros sobre él. Quinuas sembradas al nivel del mar disminuyen su periodo vegetativo, comparados a la zona andina, observándose que el mayor potencial productivo se obtiene al nivel del mar habiéndose obtenido hasta 6000 kg/ha, con riego y buena fertilización.

8.11 Fenología de la quinua:

Para Eguren (2016), la fenología son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales, cuyo seguimiento es una tarea muy importante para agrónomos y agricultores, puesto que ello servirá para efectuar futuras programaciones de las labores culturales, riegos, control de plagas y enfermedades, aporques, identificación de épocas críticas; así mismo le permite evaluar la marcha de la campaña agrícola y tener una idea concreta sobre los posibles rendimientos de sus cultivos, mediante pronósticos de cosecha, puesto que el estado del cultivo es el mejor indicador del rendimiento. La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciables, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta, se han determinado doce fases fenológicas.

8.11.1 Dos hojas verdaderas

Es cuando fuera de las hojas cotiledonales, que tienen forma lanceolada, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma romboidal y se encuentra en botón el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas tales como *Copitarsia turbata* (Eguren, 2016).

8.11.2 Cuatro hojas verdaderas

Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como *Epitrix subcrinita* de color (Eguren, 2016).

8.11.3 Seis hojas verdaderas

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta está sometida a bajas temperaturas y al anochecer, stress por déficit hídrico o salino (Eguren, 2016).

8.11.4 Ramificación

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de éste, y en caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el "Colgado" del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria para las quinuas de valle (Eguren, 2016).

8.11.5 Inicio de panojamiento

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta etapa ocurre el ataque de la primera generación del insecto *Eurissacca uinoae* (Q'hona-q'hona), formando nidos, enrollando las hojas y haciendo minas en las hojas (Eguren, 2016).

8.11.6 Panojamiento

La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; así mismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales (Eguren, 2016).

8.12 Efecto de la sequía en las fases fenológicas de la quinua

Espíndola (1994), en su investigación sostiene que, en un trabajo de respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua al déficit hídrico, en condiciones controladas, indica que la fase fenológica de grano lechoso es la más susceptible al déficit hídrico, para el rendimiento del grano.

Ramos (2000), indica que muchos investigadores coinciden en señalar que los efectos de la sequía se ven reflejados en el rendimiento del cultivo, por lo cual esta variable es muy importante para cuantificar los daños ocasionados por la sequía.

8.13 Variedades de quinua utilizadas en esta investigación

Collana

Según la Dirección de Investigación Agraria del Perú (2013), la variedad Collana, es de amplia base genética, ya que es un compuesto formado por 13 accesiones provenientes de 12 localidades, comúnmente conocidas como “quytujiwras”; comercialmente se le asigna el nombre de Collana, y es el resultado de pruebas de identificación, adaptación y eficiencia desarrolladas participativamente con productores de las comunidades campesinas: Collana, Collpa, Cieneguilla, Vizcachani, Ilave, Mañazo y Pilcuyo de la Región Puno. Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3 815 a 3 900 msnm, precipitación de 400 a 550 mm y temperatura de 4°C a 15°C.

Pasankalla

Según la Dirección de Investigación Agraria del Perú (2006), la variedad Pasankalla tiene origen en la accesión Pasankalla, conocida en la región con los nombres “Kcoitu pasankalla”, aku jiura, pasankalla, kañiwa quinua y kañiwa jiura, colectada el año 1978 en la localidad Caritamaya (Ácora, Puno). Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, y temperatura de 4°C a 15°C. Su rendimiento potencial es de 4.5 t/ha y en campo de agricultores de 3.5 t/ha.

9. Estado del arte:

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el año 2013 como el “Año Internacional de la quinua” en reconocimiento a las prácticas ancestrales de los pueblos andinos, que han sabido conservar la quinua en su estado natural como alimento para las generaciones presentes y futuras (Bazile et al., 2014). La producción sostenible de cultivos infrutilizados puede ayudar en los desafíos a los que se enfrenta el mundo moderno, aprovechando el conocimiento acumulado por nuestros antepasados y los pequeños agricultores familiares que actualmente son los principales productores de quinua.

La promoción de la quinua es parte de una estrategia más amplia de la FAO para fomentar la producción de cultivos tradicionales u olvidados, como medio de contribuir a la seguridad alimentaria. Como organismo encargado de implementar y promover la importancia de la quinua, la FAO coordinó una amplia variedad de eventos y el resultado de esta actividad es una nueva generación de proyectos de promoción de la quinua en el mundo.

La quinua por su alto valor nutritivo ha interesado a la Nasa, que ha investigado sus propiedades e incluso lo utiliza como el alimento de sus astronautas en los viajes largos. La quinua tiene entre 14 y 18 por ciento de contenido proteínico, en el caso del huevo un 11.3 por ciento, y que la leche un 3.3 por ciento, según datos ANAPQUI, la Asociación Nacional de Productores de quinua, una agremiación radicada en La Paz, Bolivia, la quinua contiene lisina, un aminoácido no muy abundante en el reino vegetal que tiene funciones claves en el desarrollo de las células del cerebro y el crecimiento. Incluso la FAO, el organismo internacional de las Naciones Unidas que maneja el tema de la alimentación y la agricultura, sugiere que la quinua es uno de los alimentos con más futuro y una fuente de solución a los graves problemas de nutrición (FAO, 2011).

10. Objetivo general.

Evaluar el comportamiento fenológico y tipos de siembra de quinua, para determinar su adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas del departamento de Jalapa.

11. Objetivos específicos

- Determinar el tipo de siembra de quinua, en condiciones edafoclimáticas del departamento de Jalapa.
- Evaluar la evolución fenológica y productiva de la quinua cultivada en el departamento de Jalapa.
- Determinar el rendimiento de quinua cultivado en Jalapa respecto al cultivo de países productores.
- Establecer si la calidad nutricional del grano de quinua cultivado en Jalapa es favorable.
- Determinar la rentabilidad del cultivo de quinua en el departamento de Jalapa.

12. Hipótesis

El cultivo de quinua presenta buena adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas del departamento de Jalapa.

13. Materiales y métodos

13.1 Enfoque y tipo de investigación:

La presente investigación tuvo un enfoque mixto desde el punto de vista metodológico debido a que se realizó un diseño experimental factorial de parcelas divididas que por su naturaleza empleó métodos cuantitativos y lo cualitativo se hizo a través de una descripción detallada de los factores fenológicos principalmente en cuanto a temperatura y precipitación para determinar la influencia del clima en el rendimiento de la quinua (Hernández, Fernández y Baptista, 2014; Bonilla, 2019).

13.2 Recolección de información:

Para realizar esta investigación se buscaron fuentes bibliográficas que tuvieran la información necesaria sobre la forma de cultivar la quinua (*Chenopodium quinoa*) para sustentar el ensayo experimental y describir las fases fenológicas del cultivo.

Se estudió la adaptabilidad del cultivo de quinua, utilizando para ello dos variedades de quinua, Pasankalla y Collana de siembra bajo condiciones edafoclimáticas del departamento de Jalapa, así también se evaluó la fenología de dicho cultivo.

Para montar el ensayo experimental, se seleccionaron tres localidades con diferente altitud sobre el nivel del mar el terreno. El criterio principal fue tener acceso y resguardo del cultivo para contar con un manejo apropiado del experimento.

La preparación del suelo para el cultivo, se realizó de forma manual con la ayuda de herramientas simples como azadón y rastrillo. Se trazaron las unidades experimentales y los surcos para realizar la siembra.

Se utilizó semilla certificada de alta calidad germinativa procedente de Estados Unidos para tener un buen porcentaje de germinación.

La siembra se realizó cuidadosamente al concluir la preparación del suelo. Se realizó en tres áreas experimentales. Los tratamientos se distribuyeron mediante un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones. En cada localidad se establecieron 8 parcelas, por lo que al contabilizar las tres localidades se registraron un total de 24 unidades experimentales.

Cosecha del grano de quinua, se cosecharon las panojas de quinua, para luego dejar que se secaran y obtener así el grano, que se analizó posteriormente en cuanto a su rendimiento y valor nutricional.

En esta investigación se aplicó el diseño experimental, bloques completamente al azar en parcelas divididas con 8 parcelas y 4 repeticiones que hicieron un total de 24 unidades experimentales, divididas en las 3 localidades.

Para el análisis cualitativo de la adaptabilidad fenológica de dicho cultivo se contó con la información y registros de precipitación y temperatura provenientes de la estación meteorológica del Centro Universitario de Sur Oriente lo cual permitió inferir sobre el efecto del clima sobre el desarrollo de la quinua.

Debido a las complicaciones de acceso a los recursos económicos únicamente se contó con un análisis de suelos perteneciente a la localidad de Aldea El Refugio, Mataquescuintla, pero que sirvió de parámetro para interpretar los requerimientos nutricionales de la quinua

13.3 Metodología experimental

- **Tratamientos**

El experimento consistió en evaluar dos variedades de *Chenopodium quinoa* en tres localidades con distintas altitudes en el departamento de Jalapa en el Sur Oriente de Guatemala y aunque existen muchos estudios en países sudamericanos y hasta en el mediterráneo (Bilalis et al., 2019), el objetivo de este experimento ha sido determinar si las distintas altitudes influyen en el desarrollo y rendimiento del cultivo. En ese sentido, se establecieron dos factores que consistieron en variedades y localidades que se describen a continuación:

- **Localidades**

- Jalapa a 1361 msnm con ubicación geográfica: 14° 37'44'' Latitud Norte y 89° 59'17'' Longitud Oeste.
- San Pedro Pinula a 1116 msnm con ubicación geográfica: 14° 40'39.8'' Latitud Norte y 89° 52' 53.2'' Longitud Oeste.
- Aldea El Refugio, Mataquesuintla a 2201 msnm con ubicación geográfica: 14° 33'41.4' Latitud Norte y 90° 08' 38.5'' Longitud Oeste.

Se buscó evaluar el rendimiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*) con el propósito de determinar la que mejor se adaptaba a cada localidad.

Se decidió utilizar un arreglo en parcelas divididas, en donde la parcela grande correspondió a las variedades y la parcela pequeña fueron las tres localidades. La descripción de los factores se muestra en la tabla 2:

Tabla 2

Descripción de los factores evaluados

Factor			
Variedad (A)	Collana	Pasankalla	
Localidad (B)	Jalapa	San Pedro Pinula	Mataquesuintla

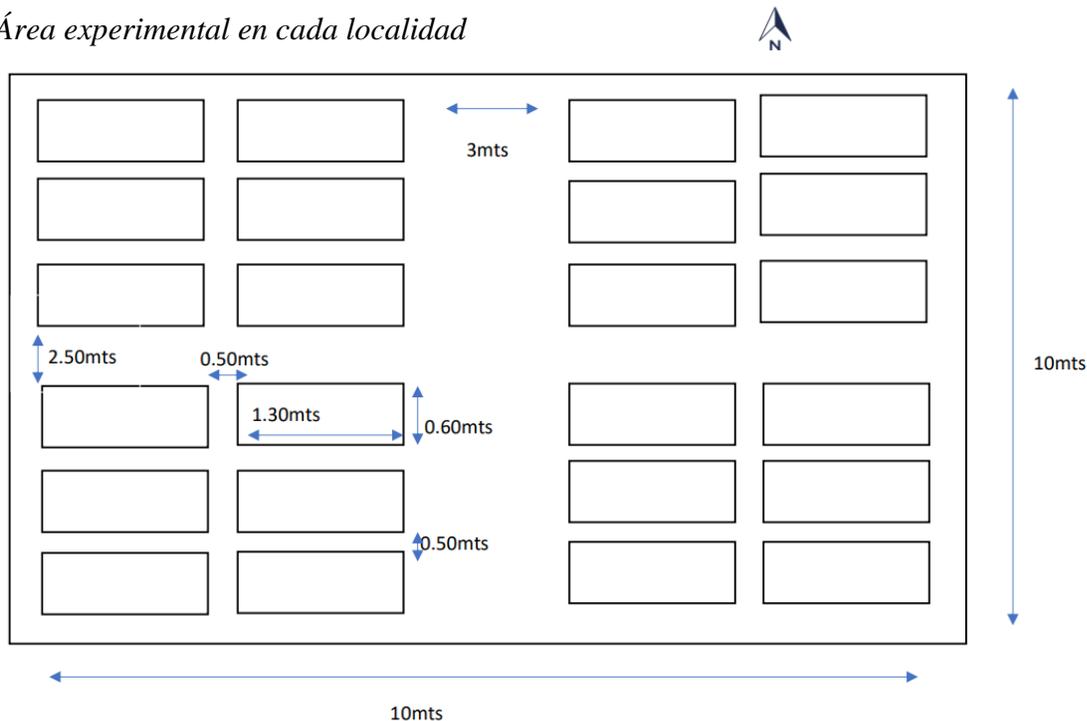
Nota: El factor A (parcela grande) consistió en las variedades denominadas Collana y Pasankalla. El Factor B (parcela pequeña) consistió en las localidades de Jalapa, San Pedro Pinula y Mataquesuintla.

- **Área experimental**

En cada localidad se establecieron parcelas con 8 unidades experimentales. El área experimental fue de 100 m² con dimensiones de 10 metros de ancho por 10 metros de largo, como se muestra en la figura 1.

Figura 1

Área experimental en cada localidad



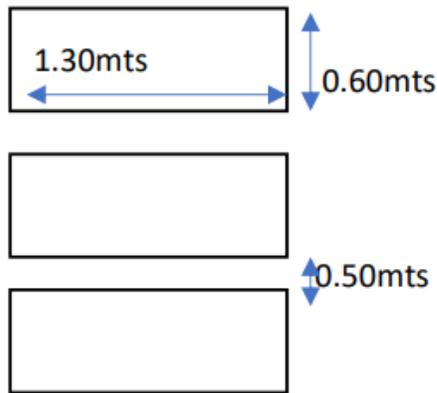
Nota: El área experimental en cada localidad consistió en 8 parcelas de 3 camellones cada una.

- **Unidad experimental**

Cada unidad experimental consistió en tres camellones de 1.30 m de largo por 0.60 m de ancho. Entre cada camellón se dejó 0.5 m. El total de unidades experimentales fue de 8 por cada localidad. El esquema de cada unidad experimental se muestra en la figura 2.

Figura 2

Esquema de la unidad experimental consistente en 3 camellones

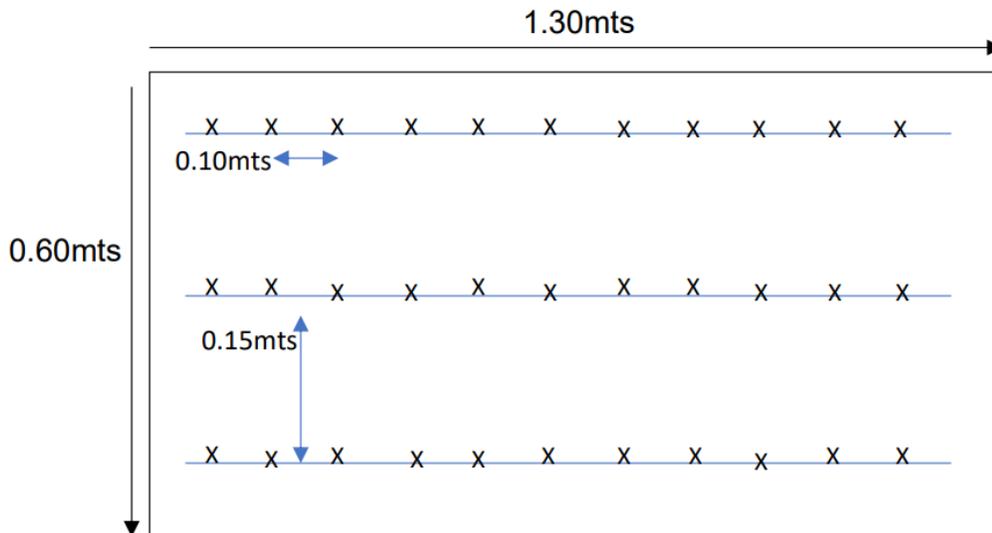


Nota: Cada unidad experimental consistió en 3 camellones de 1.3 metros de largo con 60 centímetros de ancho. Se dejó una calle de 50 centímetros entre cada camellón para tener un mejor manejo agronómico.

La siembra de la semilla de cada variedad se realizó a un distanciamiento de 0.10 m entre planta, 3 semillas por postura utilizando siembra directa, a una profundidad de 0.025 m y una distancia de 0.15 m entre cada surco sembrado, esto se realizó en cada localidad en estudio. Se trazaron en cada camellón tres surcos, utilizando una varilla de hierro marcada. Se hicieron 11 agujeros en los cuales se depositó tres semillas para un total de 99 semillas en cada camellón como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Esquema de siembra en los camellones



Nota: El largo del camellón fu de 1.30 m y el ancho de 0.6 m. La siembra entre planta fue de 10 centímetros.

- **Número de repeticiones del experimento**

Los tratamientos se distribuyeron mediante un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones. En cada localidad se establecieron 8 parcelas, por lo que al contabilizar las tres localidades se registraron un total de 24 unidades experimentales.

- **Procedimiento para asignar los tratamientos a las unidades experimentales**

Debido a que se contó con una superficie en condiciones homogéneas se procedió a asignar los tratamientos en cada unidad experimental de forma aleatoria con un distanciamiento de 3 y 2.5 metros en las calles para tener un mejor acceso y manejo agronómico.

- **Variables de respuesta**

La variable de respuesta fue gramos /parcela 3.64 m².

13. 4 Metodología cualitativa

En cuanto a la metodología cualitativa se procedió a describir y evaluar la fenología de la quinua en esta región del país, se contó con los registros de la precipitación y temperatura que proporciona cada año la estación meteorológica del CUNSURORI. Además, se contó con un análisis de suelo del terreno ubicado en la Aldea El Refugio, Mataquescuintla, pues sirvió de utilidad para interpretar los requerimientos nutricionales de la quinua para poder adaptarse a las condiciones edafoclimáticas de Jalapa.

13. 5 Técnicas e instrumentos

Para el ensayo experimental fue necesario la utilización de un GPS para geoposicionar cada localidad debido a que es muy importante la localización en cuanto a la Latitud y Longitud por factores como el fotoperíodo y los efectos de ubicación de un cultivo en la tierra.

La información climática fue proporcionada por la estación que registra precipitación y temperatura ubicada en el Centro Universitario de Sur Oriente

13.6. Operacionalización de variables

Para esquematizar la operacionalización de variables o unidades de análisis se elaboró la tabla 3.

Tabla 3

Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Objetivos específicos	Variables o unidades de análisis que fueron consideradas.	Forma en que se midieron, clasificaron o cualificaron.
1. Determinar el tipo de siembra de quinua, en condiciones edafoclimáticas del departamento de Jalapa.	Características del suelo	Se hizo revisión bibliográfica sobre procedimientos del cultivo de quinua. Y de las condiciones edafoclimáticas del departamento de Jalapa.
	Clima del área experimental	
2. Evaluar la evolución fenológica y productiva de la quinua cultivada en el departamento de Jalapa.	Tipo de siembra	Se recibió la semilla de quinua, comprada en Estados Unidos.
	Desarrollo de las plantas de quinua.	Se realizó una prueba piloto de la siembra para considerar aspectos a tomar en cuenta, en la siembra formal de la investigación.
		Germinación de la semillas- Emergencia de las plantas de quinua y crecimiento de las mismas.
		Plantas de quinua desarrolladas saludables.
		Quinua del cultivo piloto, panojas en proceso de secado.
3. Determinar el rendimiento de quinua cultivado en Jalapa respecto al cultivo de países productores.	Rendimiento del grano	Se comparó el rendimiento obtenido de grano de quinua respecto a datos investigados, de países andinos.
		Se hicieron análisis bromatológicos y luego se compararon con los encontrados en la revisión bibliográfica.
4. Establecer si la calidad nutricional del grano de quinua cultivado en Jalapa es favorable.	Valor nutricional	Debido a los fenómenos naturales se tuvieron que hacer cambios en la forma de cultivo.
5. Determinar la rentabilidad del cultivo de quinua en el departamento de Jalapa.	Rentabilidad del cultivo	

Nota: Se muestran los objetivos que se buscaron durante la investigación, las unidades de análisis y los indicadores medibles.

13.7 Procesamiento y análisis de la información:

Al estudiar la producción de quinua en tres localidades a diferentes altitudes con dos variedades de *Chenopodium quinoa* y evaluar la adaptabilidad que tiene esta especie comestible en el departamento de Jalapa en el sur oriente de Guatemala se procedió a obtener el peso de cada parcela para su análisis de varianza. El peso en gramos /parcela 3.64 m² se aprecian en la tabla 4.

Tabla 4

Producción en gramos /parcela 3.64 m² de dos variedades de quinua en tres localidades

Variedad	Localidad	BLOQUES			
		I	II	III	IV
	Jalapa (1)	1405	1308	1454	1398
Collana (1)	S. P. Pinula (2)	426	450	480	515
	Mataquesuintla (3)	1124	1047	1163	1118
	Jalapa (1)	1425	1692	1695	1786
Pasankalla (2)	S. P. Pinula (2)	853	796	740	850
	Mataquesuintla (3)	1141	1354	1356	1429

Nota: Para procesar los datos en el programa Infostat en su versión libre se procedió a codificar la variedad Collana con el número 1 y la variedad Pasankalla con el número 2. En cuanto a la localidad se asignó a Jalapa (1), San Pedro Pinula (2) y Mataquesuintla (3).

Se corrieron los datos en el programa Infostat © en su versión libre y se obtuvieron los resultados del análisis de varianza con un nivel de significancia fue de .05. Debido a que existieron diferencias significativas en cuanto al rendimiento de los factores A y B se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey para determinar la variedad que presentó el mejor rendimiento y adaptabilidad en condiciones edafoclimáticas de la región.

- **Información climática**

Con los datos climáticos de temperatura y precipitación proporcionados por la estación meteorológica establecida en el CUNSORORI se elaboró la tabla 5.

Tabla 5
Datos de temperatura y precipitación mensual en Jalapa

Mes	T °C	T °C	T °C	Precipitación media (mm)
	Mínima	Máxima	Promedio	
Enero	8	27	19	4
Febrero	9	31	20	0
Marzo	10	31	21	0
Abril	13	34	24	18
Mayo	12	31	23	248
Junio	15	30	23	112
Julio	15	29	22	125
Agosto	13	29	21	128
Septiembre	14	28	21	140
Octubre	14	28	21	130
Noviembre	11	27	19	135
Diciembre	8	28	19	5
Promedio	10.91	29.42	21	Total, acumulado en el año 1,045

Nota: La temperatura promedio en la cabecera municipal de Jalapa durante el año 2020 fue de 21 °C y la precipitación total fue de 1045 mm.

Para describir las fases fenológicas de la quinua durante el experimento se elaboró la tabla 6.

Tabla 6
Fases fenológicas del cultivo de quinua según localidad

Fase fenológica Jalapa	Fecha	Fase fenológica Mataquescuintla	Fecha	Fase fenológica San Pedro Pinula	Fecha
Siembra	18/07/2020	Siembra	28/07/2020	Siembra	20/07/2020
Emergencia	22/07/2020	Emergencia	03/07/2020	Emergencia	18/07/2020
2 hojas falsas	25/07/2020	2 hojas falsas	08/07/2020	2 hojas falsas	22/07/2020
2 hojas verdaderas	31/07/2020	2 hojas verdaderas	14/07/2020	2 hojas verdaderas	30/07/2020
4 hojas verdaderas	07/08/2020	4 hojas verdaderas	21/07/2020	4 hojas verdaderas	05/08/2020
6 hojas verdaderas	13/08/2020	6 hojas verdaderas	29/07/2020	6 hojas verdaderas	11/08/2020
Inicio de ramificación	20/08/2020	Inicio de ramificación	06/08/2020	Inicio de ramificación	18/08/2020
Ramificación	27/08/2020	Ramificación	13/08/2020	Ramificación	26/08/2020
Inicio de panojamiento	03/09/2020	Inicio de panojamiento	21/08/2020	Inicio de panojamiento	01/09/2020
Panojamiento	07/09/2020	Panojamiento	28/08/2020	Panojamiento	05/09/2020
Inicio de floración	11/09/2020	Inicio de floración	05/09/2020	Inicio de floración	08/09/2020
Floración	16/09/2020	Floración	12/09/2020	Floración	14/09/2020
Grano lechoso	27/09/2020	Grano lechoso	19/09/2020	Grano lechoso	24/09/2020
Grano pastoso	04/09/2020	Grano pastoso	27/09/2020	Grano pastoso	02/09/2020
Madurez fisiológica	11/10/2020	Madurez fisiológica	02/11/2020	Madurez fisiológica	06/10/2020

Nota: Las fases fenológicas fueron más aceleradas en San Pedro Pinula porque su clima es más cálido respecto a Mataquescuintla que durante todo el año es frío.

- **Información edáfica**

El 2020 fue muy complicado por ser un año de pandemia, además la disponibilidad de recursos disponibles para realizar los distintos análisis de suelos resultó muy difícil debido a que todos los laboratorios se encontraron cerrados incluido el de UVIGER de la Facultad de Agronomía. Sin embargo, se contó con un análisis de suelo procedente del terreno donde se montó uno de los ensayos experimentales en la Aldea El Refugio, Mataquescuintla. Los resultados se muestran en la figura 4.

Figura 4

Disponibilidad de nutrientes en el terreno Aldea El Refugio, Mataquescuintla

pH	mg/kg	Cmol(c)/kg				mg/kg	Cmol(c)/kg	miligramos/kilogramo (mg/kg)					%
	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	A.l.	Cobre	Hierro	Manganeso	Cinc	Boro	Materia Orgánica	
5.5 - 6.5	30-75	0.18-0.38	5 - 10	0.82-2.05	10-100	0.3-1.5	1-10	40-250	10-250	2-25	1 - 5	3 - 6	
5.50	6.50	1.93	11.42	2.43	25.72	0.15	1.83	110.91	15.37	1.99	0.58	8.72	

Cmol(+)/L	Porcentaje de Saturación en el CICE de:			%Sat. Al	Equilibrio de las Bases			
*CICE	Potasio	Calcio	Magnesio	**m	Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
10 - 15	4 - 5	34 - 40	12 - 15	menor de 25	5 - 25	2.5 - 15	2 - 5	10 - 40
15.93	12.10	71.68	15.28	0.94	5.93	1.26	4.69	7.19

Nota: *CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico efectivo ** m = Porcentaje de saturación de aluminio

14. Vinculación, difusión y divulgación

La divulgación se hizo durante toda la investigación y se seguirá haciendo en, televisión, radio, revistas indexadas, reuniones institucionales y todos los medios sociales posibles, a través de entrevistas o como las circunstancias lo permitan.

15. Productos, hallazgos, conocimientos o resultados:

Al procesar los datos obtenidos en cuanto al peso en gramos /parcela 3.64 m² en el programa Infostat © en su versión libre, se obtuvieron los resultados del análisis de varianza como se muestran en la tabla 7.

Tabla 7
Análisis de varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3748670.29	11	340879.12	65.16	< .0001
Bloque	48456.46	3	16152.15	3.09	.0679
A	434435.04	1	434435.04	83.05	< .0001
A*Bloque	39141.13	3	13047.04	2.49	.1097
B	3209060.58	2	1604530.29	306.72	<.0001
A*B	18577.08	2	9288.54	1.78	.2111
Error	62775.67	12	5231.31		
Total	3812445.96	23			

Nota: FV= Fuente de Variación; SC= Sumatoria de Cuadrados; gl= grados de libertad; CM= Cuadrados Medios; F= Estadístico de prueba; p-valor= Probabilidad estadística

El nivel de significancia fue de .05 y debido a que existieron diferencias significativas en cuanto al rendimiento de los factores A y B se procedió a realizar una prueba de medias de Tukey y los resultados se muestran en la tabla 8.

Tabla 8
Prueba de medias de Tukey

A	B	Medias				
2	1	1649.50	A			
1	1	1391.25		B		
2	3	1320.00		B		
1	3	1113.00			C	
2	2	809.75				D
1	2	467.75				E

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > .05$)

La variedad Pasankalla cultivada en la cabecera departamental de Jalapa presenta los mejores resultados en cuanto al rendimiento.

Los datos de temperatura y precipitación se obtuvieron de la estación meteorológica del Centro Universitario de Sur Oriente que registra cada año los datos en la cabecera municipal de Jalapa.

El valor nutricional de las variedades evaluadas en la investigación se pudo obtener de estudios previos que muestran similitud en cuanto al contenido de proteína (FAO, 2011). El valor nutricional se muestra en la tabla 9.

Tabla 9

Valor nutricional de quinua por variedad

Componente por variedad	Por 100 g (Collana)	Por 100 g (Pasankalla)
Humedad	10.5	12.7
Proteína	13.1	12.8
Grasa	4.0	5.0
Celulosa	3.5	4.3
Fibra	4.0	4.1

Nota: Los componentes de las dos variedades son muy similares en cuanto a cantidad de humedad, proteína, grasa, celulosa y fibra.

16. Análisis y discusión de resultados:

De acuerdo a los resultados, existen diferencias significativas entre los tratamientos en donde la variedad Pasankalla en la localidad de Jalapa, que se encuentran a 1361 msnm presenta los mejores rendimientos con una producción promedio de 1649.50 gramos /parcela de 3.64 m² que equivale a 4.53 toneladas por hectárea, muy por encima del rendimiento promedio de 1.16 toneladas por hectárea en países sudamericanos con condiciones edáficas y climáticas apropiadas para ese cultivo (García-Parra y Plazas-Leguizamón, 2019), además, se obtuvieron resultados que coinciden con la producción sugerida por la Dirección de Investigación Agraria del Perú (2006), pues indica que su rendimiento potencial de la variedad Pasankalla es de 4.5 t/ha y en campo de agricultores de 3.5 t/ha.

Sin embargo, no existió diferencias significativas en la interacción entre variedades y localidades, esto sugiere que la variedad Pasankalla produce mejores rendimientos que la variedad Collana independientemente de la localidad. El coeficiente de variación de 6.43 indica que hubo un adecuado manejo experimental.

La adaptación de *Chenopodium quinoa* en Jalapa a una altitud de 1361 msnm es favorable debido a que se obtuvo su rendimiento máximo de producción de 1649.50 gramos por cada parcela de 3.64 m² equivalente a 4.53 toneladas por hectárea.

De acuerdo al análisis realizado y según el promedio de producción obtenida de 1125.21 gramos por parcela de 3.64 m² o su equivalente a 3.09 toneladas por hectárea de *Chenopodium quinoa* en las distintas localidades, se concluye que es posible la adaptación de quinoa en las diferentes altitudes del departamento de Jalapa que se encuentran a 1361 msnm, San Pedro Pinula 1116 msnm, y Aldea El Refugio, Mataquescuintla a 2201 msnm, debido a que el rendimiento promedio es mayor a 1.16 toneladas por hectárea que presentan países como Perú y Bolivia.

La temperatura y precipitación promedio fue de 21°C y 1045 mm respectivamente según la estación meteorológica establecida en Jalapa. Esto sugiere que el clima es apropiado de acuerdo al desarrollo que presentó el cultivo de quinua en esta región de Guatemala.

Las condiciones edáficas del suelo en la región de Jalapa fueron adecuadas porque los promedios de producción no requirieron enmiendas de macro y micronutrientes.

El valor nutritivo del grano de quinua del cultivo adaptado a las condiciones climáticas de las tres localidades experimentales del departamento de Jalapa, se encuentra dentro del promedio encontrado en la revisión bibliográfica previa, que hace referencia a quinua producida en lugares de América del sur y que presenta un promedio de 13 gramos de proteína de cada 100 analizados, considerando que es el componente principal de este alimento funcional.

17. Conclusiones

Es posible la adaptación de quinua en las diferentes altitudes del departamento de Jalapa que se encuentran a 1361 msnm, San Pedro Pinula 1116 msnm, y Aldea El Refugio, Mataquescuintla a 2201 msnm, debido a que el rendimiento promedio que su rendimiento máximo de producción de la variedad Pasankalla fue de 1649.50 g/parcela y 3.64 m² que equivale a 4.53 toneladas/hectárea mucho mayor a 1.16 toneladas por hectárea que presentan países como Perú y Bolivia. Las condiciones edafoclimáticas en Jalapa son propicias para la adaptabilidad de la quinua ya que el cultivo presentó un buen desarrollo en sus distintas fases fenológicas.

El tipo de siembra que se recomienda es de tres semillas por postura a una distancia de 10 centímetros y 60 centímetros entre surco. Los mejores resultados de rendimiento de quinua se dieron con suelos profundos y temperatura promedio de 21 °C con una precipitación anual de 1045 mm.

De acuerdo al comportamiento fenológico de la quinua los mejores resultados de adaptabilidad y desarrollo se presentaron en la cabecera municipal de Jalapa a una altitud de 1361 msnm.

El valor nutricional de las variedades evaluadas en esta investigación es de alto contenido de proteína con un promedio de 13.1 g/100 g en la variedad Collana y de 12.8 g/100 g en la variedad Pasankalla.

La producción de quinua a pequeña escala no es rentable porque necesita muchos insumos y mano de obra. A nivel experimental, el máximo rendimiento fue de 1649.50 g/parcela de 3.64 m² que equivale a 4.53 toneladas/hectárea. El valor promedio de la quinua por kilogramo en el mercado es de Q 17.80, pero no se tiene un dato concluyente de la rentabilidad por hectárea debido a que es necesario realizar producciones a mayor escala.

18. Impacto esperado

Sabiendo que Jalapa es uno de los departamentos más vulnerables a la mala nutrición y considerando que en la actualidad el grano de quinua ha tomado importancia a nivel mundial por ser completo en nutrientes, principalmente en proteína que incluye los aminoácidos esenciales, se obtuvo con esta investigación un cultivo de quinua adaptado a las condiciones edafoclimáticas del departamento de Jalapa y granos con contenido proteico relevante para mejorar la seguridad alimentaria de la población y una nueva opción de alimento funcional.

19. Referencias

- Abellán Ruiz, S. M; Barnuevo Espinosa, M. D.; García Santamaría, C.; Contreras Fernández, C. J.; Aldeguer García, M.; Soto Méndez, F.; Guillén Guillén, I.; Luque Rubia, A. J.; Quinde Ràzuri, F. J.; Martínez Garrido, A.; López Román, F. J. (2017). Efecto del consumo de quinua (*Chenopodium quinoa*) como coadyuvante en la intervención nutricional en sujetos prediabéticos. *Nutrición Hospitalaria*, vol. 34, núm. 5, 2017, pp. 1163-1169 DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.843>
- Bazile D. et al. (Editores) (2014) *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 páginas
- Bilalis, D. J., Roussis, I., Kakabouki, I. and Folina, A. (2019) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) crop under Mediterranean conditions: a review. *Cien. Inv. Agr.* 46(2):51-68. <http://doi.10.7764/rcia.v46i2.2151>
- Bonilla, G. (2019). *Investigación científica, métodos, técnicas e instrumentos*. Guatemala, Editorial SERVIPRENSA.
- Chito Trujillo, D. M., Ortega Bonilla, R. A., Ahumada Mamián, A. F., López, B. R. (2017). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) versus soja (*Glycine max* [L.] Merr.) en la nutrición humana: revisión sobre las características agroecológicas, de composición y tecnológicas. *Rev Esp Nutr Hum Diet.* 2017; 21(2): 184 – 198. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>
- Dirección de Investigación Agraria (2013) *Quinua inia 420 - negra collana, variedad para agroindustria, exportación y consumo nacional*. Lima (Perú): Subdirección de investigación de cultivos, Programa nacional de innovación agraria en cultivos andinos, Estación experimental agraria ILLPA – PUNO
- Dirección de Investigación Agraria (2006) *Quinua inia 415 Pasankalla, variedad para agroindustria, exportación y consumo nacional*. Lima (Perú): Subdirección de investigación de cultivos, Programa nacional de innovación agraria en cultivos andinos, Estación experimental agraria ILLPA – PUNO
- Espíndola, (1994). Mejoramiento del cultivo de la quinua. Revista: En Memoria del Seminario sobre investigación, producción y comercialización de la quinua. Estación experimental Patacamaya. La Paz, Bolivia.
- Eguren, F. (2016). ¿Qué alimentos consumimos los peruanos? *La Revista Agraria* (161): 11- 12.
- FAO, (2011). *La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

- FAO, (2011). Composición y valor funcional. La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. América del sur. Revista Disponible en: www.fao.org
- FAO, (2001). Cultivos Andinos: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Bolivia.
- García-Parra, M. A., & Plazas-Leguizamón, N. Z. (2019). Análisis del ciclo de vida de las publicaciones sobre producción de quinua (*Chenopodium quinua* Willd), a través de curvas en S. *Rev.investig.desarro.innov.*, 9 (2), 379-391. [https://doi: 10.19053/20278306.v9.n2.2019.9189](https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n2.2019.9189)
- García-Parra, M. A., & Plazas-Leguizamón, N. Z. (2018). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en los sistemas de producción agraria. *Revista producción + limpia* - Vol. 13 No 1. [https://doi:10.22507/pml.v13n1a6](https://doi.org/10.22507/pml.v13n1a6)
- García-Parra, (2017). Respuesta agronómica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad dulce de Soracá a la fertilización en Ventaquemada – Boyacá. *Cultura científica*,
- Gracia I. (2013) Los antioxidantes para la salud óptima. *Rev Méd Cient.* 20 de abril de 2014 [citado 1 de marzo de 2021];26(2). Disponible en: <https://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/article/view/371>
- Herrera, D. (2013). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), un tesoro andino para el mundo. *Idesia*
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C. y Paptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ª. Edición. (México): Mcgraw-hill/interamericana editores, s.a. de C.V.
- Hernández, J. (2015). La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología* 2015;26(3):304-312 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S156129532015000300010&lng=es&nrm=iso
- Porras, R. (2012). Descripción botánica de la quinua. *Revista: La quinua*. Edición 30. Perú.
- León, (2006) Hibridación y comparación de la F1 con sus progenitores en tres cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Puno. Tesis Ing. Agro. FCA-UNA. Puno, Perú. pp. 34-36
- Muñoz, A. (2013). Editorial "Año Internacional de la Quinoa". *Revista de la Sociedad Química del Perú*

- Mujica, Jacobsen, Marathee, (2004). Quinoa. *Chenopodium quinoa* Willd. Ancestral Cultivo Andino, Alimento del presente y futuro. Unidad de publicaciones UNA. Puno Perú.
- OPS/OMS, (2009). *Conceptos de malnutrición por déficit y situación*. Desnutrición en Guatemala. Guatemala. Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de Salud.
- Portilla, (1955). La quinoa. Publicado por revista de la Facultad de medicina de la Universidad Nacional de Colombia. Volumen. 23 No. 4, pp. 178-189. Colombia.
- PROINPA, (2003). Catalogo Quinoa Real. La Paz, Bolivia. Impresiones Poligraf.
- Ramos, (2000). Comportamiento de dos variedades de quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.) bajo riego deficitario por fases fenológicas en el altiplano central. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 112 p.
- Veloz Ramírez, C.; Romero Guerrero, G.; Gómez Piedras, J.J. (2016). Respuesta morfoagronómica y calidad en proteína de tres accesiones de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la Sabana norte de Bogotá. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 19(2): 325-332.
- Villegas, (2010). La quinoa. Recuperado de: www.laquinuagrano.de.oro.blogspot.com.
- Zalles A., Jaime; De Lucca D., Manuel (2006) *Ulasan utjir qollanaka medicinas junto a nuestra casa, descripción y uso de cien plantas medicinales del altiplano boliviano*. La Paz, Bolivia. La Paz, Bolivia, Editorial, Agencia Española de Cooperación Internacional

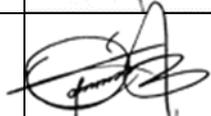
20. Apéndice

Listado de los integrantes del equipo de investigación (en una sola hoja)

Contratados por contraparte y colaboradores

Nombre	Firma

Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro Personal	Pago		Firma
			SI	NO	
Enma Yolanda Turcios de Marroquín.	Investigadora	970391	X		
Oscar Alfredo Sánchez Barrientos.	Investigador	20160060	X		

Guatemala 01 de marzo 2021

Dr. Gesly Aníbal Bonilla Landaverry



Nombre coordinador del Proyecto de investigación

firma

Ing. Augusto Saúl Guerra Gutiérrez



Vo.Bo. Nombre coordinador del Programa Universitario

firma

Ing. Julio Rufino Salazar



Ing. MARN Julio Rufino Salazar Pérez
Digi LEF

Vo. Bo. Nombre coordinador General de Programas

firma

Fotos de la investigación



Figura 1 Preparación del terreno para la prueba piloto. Quinua



Figura 2 Preparación de terreno para cultivo de

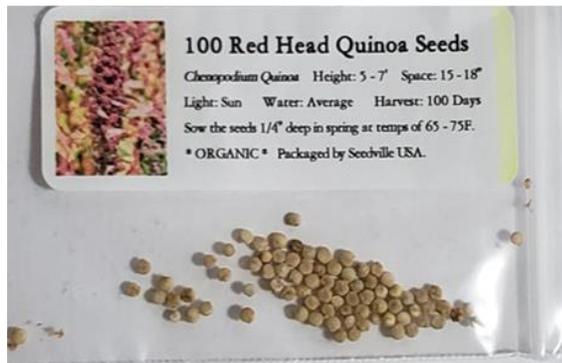


Figura 3 Semilla de quinua para el cultivo.

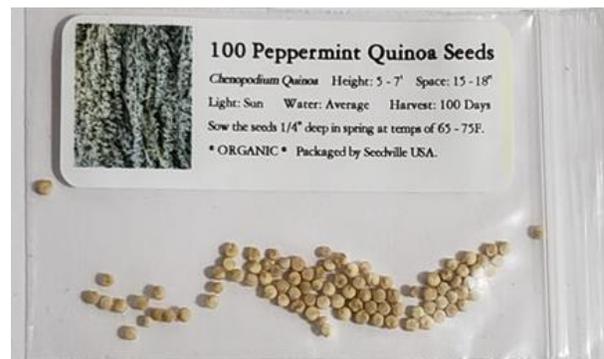


Figura 4 Semilla para el cultivo piloto



Figura 5 Germinación de la semilla de Quinoa y desarrollo



Figura 6 Crecimiento y desarrollo de las plantas de Quinoa en la prueba piloto



Figura 7 Quinoa en desarrollo.



Figura 8 Panojas de quinoa Peppermint



Figura 9 Cultivo piloto



Figura 10 Cosecha de las panojas de quinua Redhead



Figura 11 Cosecha de quinua
quinua



Figura 12 Proceso de secado de las panojas de



Figura 13 Grano de Quinoa obtenido en el cultivo piloto.



Figura 14 Preparación del terreno para el cultivo experimental de Quinoa en Jalapa.



Figura 15 Quinoa producto del cultivo piloto.



Figura 16 Preparación del terreno para el cultivo en San Pedro Pinula.



Figura 17 Dos hojas falsas y dos verdaderas
Sn. Pedro Pinula



Figura 18 Preparación del terreno en



Figura 19 Preparación del terreno para la experimentación.



Figura 20 Terreno listo para siembra



Figura 21 Resiembra de quinua



Figura 22 Maleza en el cultivo de Quinua



Figura 23 Conteo de plantas de quinua en Jalapa



Figura 24 Germinación de Quinua en Mataquesuintla



Figura25 Desmalezado en Mataquesuintla



Figura 26 Plantas dañadas por insectos masticadores



Figura 27 Aplicando un inhibidor de insectos.



Figura 28 Plantas con Mildiu Belloso



Figura 29 Fumigación y fertilización con inhibidores de insectos y precursores de la floración.



Figura 30 Visita al cultivo en Mataquesuintla



Figura 31 Madurez óptima de la panoja



Figura 32 Quinoa Redhead lista para cosechar y secar.



Figura 33 Quinoa desarrollada en Mataquescuintla



Figura 34 Quinoa Peppermint en Mataquescuintla



Figura 35 Etiquetado de panojas para su identificación



Figura 36 Corte o arrancado de las panojas



Figura 37 Panojas recién cosechadas



Figura 38 Panojas listas para secar



Figura 39 Panojas secas, listas para extraer el grano de quinua.



Figura 40 Extracción del grano de quinua



Figura 41 Quinua extraída y pesada



Figura 41. Variedad Collana cultivada



Figura 42. Variedad Pasankalla cultivada

Jalapa, 01 de marzo 2021

Dr. Ing. Félix Allan Aguilar Carrera
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Doctor Aguilar:

Adjunto a la presente el informe final, del proyecto Adaptabilidad del cultivo orgánico de quinua en el departamento de Jalapa, Coordinado por el Dr. Ing. Gesly Aníbal Bonilla Landaverry y avalado por el Centro Universitario de Sur Oriente, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Y a la vez me permito comentarle que, debido a la humedad del ambiente, el secado de las panojas se atrasó y por ende la extracción del grano se hizo fuera del tiempo programado, atrasando la elaboración del informe final. Agradeciendo su comprensión,

“Id y enseñad a todos”



Dr. Gesly Aníbal Bonilla Landaverry
Centro Universitario de Sur Oriente



Lic. Edwin Wilfredo Contreras Cardona
Director, Unidad Avaladora

