



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE QUINOA EM
DIFERENTES ALTITUDES E DENSIDADES DE SEMEADURA**

WILSON ANCHICO JOJOA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA, DF
MARÇO /2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE QUINOA EM
DIFERENTES ALTITUDES E DENSIDADES DE SEMEADURA**

WILSON ANCHICO JOJOA

ORIENTADOR: CARLOS ROBERTO SPEHAR, Ph.D.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA, DF
MARÇO /2018



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE QUINOA EM
DIFERENTES ALTITUDES E DENSIDADES DE SEMEADURA**

WILSON ANCHICO JOJOA

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA**

APROVADA POR:

Eng. Agrônomo Carlos Roberto Spehar, PhD (Universidade de Brasília)
(ORIENTADOR) CPF: 122.262.116-94 E-mail: spehar@unb.br

Eng. Agrônoma Michelle Souza Vilela, Dr. (Universidade de Brasília – FAV)
(Examinador Interno) CPF: 919.623.401-63. E-mail: michellevilelaunb@gmail.com

Eng. Agrônomo Everaldo Pereira, PhD. (Universidade de Brasília – FAV)
(Examinador Externo) CPF: 553.402.707-00 E-mail: Everaldo@gmail.com

BRASÍLIA/DF, 5 DE MARÇO DE 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Jojoa, Wilson Anchico/ Características agronômicas de genótipos de quinoa em diferentes altitudes e densidades de semeadura. / Wilson Anchico Jojoa; orientação de Carlos Roberto Spehar.– Brasília, 2018. 88p

Dissertação de mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2018.

1. *Chenopodium quinoa*; 2. Interação Genótipo por Ambiente; 3. Altitude; 4. Temperatura; 5.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

JOJOA, W. A. Características agronômicas de genótipos de quinoa em diferentes altitudes e densidades de semeadura. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 88 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: WILSON ANCHICO JOJOA

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Características agronômicas de genótipos de quinoa em diferentes altitudes e densidades de semeadura.

GRAU: MESTRE ANO: 2018

É concedida à Universidade de Brasília de permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado para única e exclusivamente propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor. Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Nome: WILSON ANCHICO JOJOA
CPF: 708.815.751-94
Endereço. CLN 407 ASA NORTE APTO 216
Tel. +5561981150698 - +573159273446
Email:anchico20@hotmail.com

Dedico este trabalho. A meu filho Alejandro, minha mulher Alejandra, meus pais Guillermo e Rosalba, meus irmãos Ana, Carmen e Guillermo, por seu apoio, paciência, colaboração e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

- A Deus e ao nosso Senhor Jesus Cristo por estarem sempre do meu lado, me dando força e coragem para enfrentar os desafios durante essa caminhada. A Ele toda hora e toda glória.
- A nossa Senhora pela constante proteção.
- A meu filho Alejandro Anchico e minha mulher Alejandra Trullo. Obrigado por estar sempre do meu lado e por compreender a minha constante ausência. Essa conquista também é de vocês,
- Aos meus pais Guillermo Anchico e Rosalba Jojoa por serem exemplo de determinação, caráter e honestidade.
- A meus irmãos Ana, Carmen e Memo por seu apoio e colaboração em tudo este processo.
- A meus sogros Hamilton Trullo e Nilcia Medina por seu acompanhamento a minha família e seu apoio.
- A Universidade de Brasília (UnB), Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelo apoio institucional e a oportunidades de cursar o mestrado, e à Fundação de Apoio a Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), pela bolsa de estudo.
- A Universidade Nacional da Colômbia sede Palmira, por aceitar minha mobilidade internacional e pelo apoio econômico recebido para a realização da pesquisa.
- A Corporação Universitária Comfacauca por me ajudar com o laboratório e os estagiários.
- Ao meu orientador Carlos Spehar, pela orientação, pelo dinamismo e brilhantismo, pela motivação, pelos ensinamentos transmitidos, pelo amor à Agronomia e por ter trago a quinoa para o Brasil, os meus sinceros agradecimentos.
- A Professora Creuci Maria Caetano, pela educação e carinho que sempre me recebeu em sua sala, pelas contribuições dadas a este trabalho, pelos ensinamentos, por sempre estar disposta a ajudar, e por ser um exemplo de profissional ética, forte e dedicada, muito obrigado.
- A professora Michelle Vilela por ter aceitado participar da banca, por toda ajuda nas análises estatísticas e pela paciência e carinho em transmitir seus conhecimentos.
- Ao professor Everaldo Pereira, por ter aceitado participar da banca, pelos ensinamentos e sugestões realizadas a este trabalho, por todo conhecimento compartilhado.
- A professora Blanca Bonilla pela sua ajuda nas áreas experimentais na Colômbia.
- Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, FAV, UnB, por todos os conhecimentos transmitidos.
- Aos estagiários. Leonardo Quilcue, Alejandra Mendes e Esperaza Joris por sua colaboração em campo.

- Aos funcionários da Fazenda Água Limpa, em especial ao Israel, Joel, Cana Verde, Ricardo, Seu Zé e Rogério, por toda ajuda nos experimentos de campo. Foi um prazer trabalhar com vocês.
- A todos os amigos da Pós-Graduação, pelo convívio e amizade.
- A todos que colaboraram direta ou indiretamente para realização deste trabalho, meu muito obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	1
ABSTRACT.....	1
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Origem e importância de quinoa.....	3
2.2 Características taxonômicas e botânicas.....	3
2.2.1 Folhas.....	4
2.2.2 Inflorescência.....	4
2.2.3 Flores.....	5
2.2.4 Fruto.....	5
2.3 Requerimentos do plantio.....	6
2.3.1 Solo.....	6
2.3.2 Acidez (pH) e Salinidade.....	6
2.3.3 Clima.....	6
2.4 Aportes potenciais da quinoa à segurança e soberania alimentar.....	7
2.5 Propriedades nutricionais da quinoa.....	7
2.6 Importância da quinoa no Brasil.....	9
2.7 Objetivos de melhoramento genético.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 Geral.....	11
3.2 Específicos.....	11
4. Bibliografía.....	12
1. CAPÍTULO ÚNICO.....	15
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE QUINOA EM DIFERENTES ALTITUDES E DENSIDADES DE PLANTIO.....	15
RESUMO.....	16

ABSTRACT	17
1.1 INTRODUÇÃO	16
1.2 REVISÃO DE LITERATURA	21
1.2.1 Fenologia da quinoa	21
1.2.2 Temperatura de desenvolvimento da quinoa	23
1.2.3 Altitude de desenvolvimento da quinoa.....	24
1.2.4 Distribuição geográfica e ecológica	25
1.2.5 Peso de mil sementes	26
1.2.6 Índice de colheita	26
1.2.7 Calculo da somatória térmica.....	27
1.2.8 Características dos genótipos	27
1.3 MATERIAL E MÉTODOS	29
1.3.1 Experimentação.....	29
1.3.2 Locais	29
1.3.2.1 Fazenda Água Limpa	29
1.3.2.2 Fazenda a Prosperidad	29
1.3.2.3 Ecoaldea Fundamor Mandivá	29
1.3.3 Desenho Experimental	29
1.3.4 Áreas experimentais.....	30
1.3.5 Seleção de genótipos no Cerrado brasileiro	30
1.3.6 Amostragem de Solo.....	30
1.3.7 Temperatura e precipitação	31
Fazenda a Prosperidad (1850 m).....	31
Fundação Ecoaldea Fundamor (1100 m)	31
1.3.8 Semeadura das áreas experimentais	32
Fazenda Prosperidad (1850 m).	32

Fundação Ecoaldea Fundamor (1100 m)	32
1.3.9 Manejo do plantio	32
1.3.10 Avaliações	34
1.3.11 Avaliações de rendimento.....	36
1.4 RESULTADOS.....	38
1.5 DISCUSSÃO	51
1.5 BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABELAS

CAPITULO ÚNICO

Tabela 1. Requerimentos de umidade e temperatura dos ecótipos de quinoa segundo as regiões agroecológicas.	24
Tabela 2: Resultado da análise de solo da área experimental nos locais avaliados. Profundidade de 0-20 cm.	31
Tabela 3. Valores médios de número de dias e acumulação térmica de emergência (E), formação de panícula (FP), floração (FL) e maturação fisiológica (MF). Fundação Ecoaldea Fundamor (1100m) 2017.	39
Tabela4. Valores médios para número de dias e acumulação térmica de emergência (E), formação de panícula (FP), floração (FL) e maturação fisiológica (MF). Fazenda Prosperidad (1850m) 2017.	42
Tabela 5. Teste de agrupamento de medias dos genótipos nos locais e tipos de semeadura para número de dias e acumulação térmica de formação de panícula (FP), floração (FL) e maturação fisiológica (MF).	43
Tabela 6. Teste de agrupamento de médias dos locais e tipos de semeadura para número de dias e acumulação térmica de formação de panícula (FP), floração (FL) e maturação fisiológica (MF).	44
Tabela 7. Teste de agrupamento de medias para genótipos nos locais e tipos de semeadura para altura de plantas (HP, cm), comprimento da panícula (CP ,cm), produção de massa seca (RMS, t ha ⁻¹), rendimento de grãos (RG, t ha ⁻¹), índice de colheita (IC, %), peso de mil sementes (PM, g/1.000).	46

Tabela 8. Valores médios dos locais e tipos de semeadura para altura de plantas (HP, cm), comprimento de panícula (CP, cm), rendimento de massa seca (RMS, t ha⁻¹), rendimento de grãos (RG, t ha⁻¹), índice de colheita (IC, %), peso de mil sementes (PM, g/1.000). **47**

Tabela 9. Coeficientes de correlação dos genótipos para altura de plantas (HP, cm), comprimento da panícula (CP, cm), rendimento de massa seca (RMS, t ha⁻¹), rendimento de grãos (RG, t ha⁻¹), índice de colheita (IC, %), peso de mil sementes (PM, g/1.000), número de dias e acumulação térmica de formação de panícula (FP), floração (FL) e maturação fisiológica (MF). **50**

Tabela 10. Análise de variância para altura de plantas, comprimento de panícula, produção de massa seca, rendimento de grãos, índice de colheita e peso de mil sementes para os genótipos, locais e tipos semeadura. **64**

Tabela 11. Análise de variância para dias e acumulação térmica de formação de panícula (FP), floração (FL) e maturação fisiológica (MF), para genótipos, locais e tipos de semeadura. **66**

Tabela 12. Dados originais de temperatura e somatória térmica na Fundação Ecoaldea Fundamor (1100 m). **70**

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO ÚNICO

Figura 1. Processo de colheita. A: Colheita. B: Processo de armazenamento.	33
Figura 2. Processo de trilha. A: Trilhadora de quinoa Zuta. B: Quinoa no processo de trilha	33
Figura 3. Processo de limpeza	33
Figura 4. Armazenamento de sementes.	34
Figura 5. Temperatura máxima, média e mínima durante a o período experimental.	38
Figura 6. Precipitação em mm durante a execução dos experimentos	38
Figura 7. Temperatura máxima, média e mínima durante a execução dos experimentos.	41
Figura 8. Precipitação em mm durante a execução dos experimentos.	41
Figura 9: Gráfico do desenho experimental e distribuição das parcelas experimentais, com as respectivas dimensões das parcelas e dos blocos. Os números de 1 a 15 são as progênes avaliadas. A nomenclatura T1 representa o tratamento de distancia de semeadura (0,6m x 0,3 m) e o T2 representa o tratamento de semeadura em sulco. A letra R representa a repetição de cada tratamento.	64
Figura 10. Emergência de plântulas com suas folhas cotiledonares abertas. A: semeadura por sulco. B: semeadura por cova.	68
Figura 11. Formação de panícula. A: BRS Syetetuba. B: Priartal	68
Figura 12. Florção. A: BRS Syetetuba. B: Aurora. C: Priartal	69
Figura 13. Maturação fisiológica	69

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

CAPITULO ÚNICO

Equação 1.	Cálculo de graus dia (GD _i)	35
Equação 2.	Cálculo da soma térmica (ST)	35
Equação 3.	Cálculo do Índice de Colheita (IC)	36
Equação 4.	Cálculo de Análises de Variância	36
Equação 5.	Cálculo do Desvio Padrão	36
Equação 6.	Cálculo de rendimento de grãos	37

RESUMO GERAL

O incremento da população humana tem demandado aumento na produção de alimentos em sistemas agrícolas ambientalmente sustentáveis. Os novos desafios requerem a seleção de cultivos que demandem menos insumos e, ao mesmo tempo, possam satisfazer a deficiência nutricional predominante em algumas regiões. Com o intuito de incrementar a produção de alimentos de qualidade, no contexto de mudança climática, a quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) tem se mostrado como alternativa a países que sofrem de insegurança alimentar. A quinoa é reconhecida não só por suas propriedades nutritivas e dietéticas, mas também por sua diversidade genética e capacidade de adaptação a diferentes condições agroambientais, bem como os benefícios culturais e socioeconômicos que tem sobre o ambiente produtivo. Este trabalho teve como objetivo: avaliar a biometria e comparar as características agrônômicas de 15 genótipos de quinoa, em diferentes altitudes e densidades de plantio na Colômbia. Neste contexto, a área experimental para o ensaio foi dividida em dois locais entre 1100 e 1850 m de altitude. Utilizou-se desenho estatístico de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas por onze genótipos selecionados procedentes do Brasil, e quatro genótipos comerciais, dois procedentes da Colômbia e dois procedentes do Equador. Cada parcela foi subdividida em duas distâncias de semeadura, uma de 0,6 m entre fileiras e 0,3 m entre plantas e a outra de 0,6 m entre fileiras e semeadura em sulco, com densidade de 25 plantas/m. Para análise dos dados utilizou-se o programa GENES. Segundo os resultados do experimento os requerimentos térmicos, características fenológicas e componentes de rendimento dos genótipos de quinoa evidenciaram adaptabilidade ao cultivo. A elevada variabilidade genotípica evidencia potencial no melhoramento genético para contornar limitações dos fatores abióticos que afetam o desenvolvimento da quinoa.

Palavras chave: *Chenopodium quinoa*, Interação Genótipo por Ambiente, Altitude, Temperatura, Fenologia, Acumulação Térmica e Rendimento.

ABSTRACT

Population growth requires an increase in food production along with a move to environmentally sustainable agriculture. The new challenges require the selection of crops that require less inputs and, at the same time, can satisfy the nutritional deficiency prevalent in some regions. Faced with the challenge of increasing the production of quality food to feed the world population in the context of climate change, quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) is an alternative to food insecure countries. Quinoa is recognized not only for its nutritional and dietary properties, but also for its genetic diversity and adaptability to different agro-environmental conditions, as well as the cultural and socio-economic benefits it has on the local environment. The objective of this work was to evaluate the biometry and to compare the agronomic characteristics of 15 quinoa genotypes on different altitudes and densities in Colombia. In this context, the experimental area for the trial was divided into two sites between 1100 and 1850 m altitude. A statistical design of randomized blocks with subdivided plots was used. The plots were composed of eleven progenies selected from Brazil, and four commercial progenies, two from Colombia and two from Ecuador. Each plot was subdivided into two sowing distances, one of 0.6 m between rows and 0.3 m between plants and the other one of 0.6 m between rows and furrow seeding. The statistical tool for data analysis was the GENES program. According to the results of the experiment the thermal requirements, phenological characteristics and yield components of the quinoa genotypes evaluated showed potential and flexibility in the adaptability. High genotype variability was also found in the experiments, presenting a potential in the genetic improvement as an alternative in the limitations of the factors which affect the development of cultivars.

Key words: *Chenopodium quinoa*, Genotype Interaction by Environment, Altitude, Temperature, Phenology, Thermal Accumulation and Yield.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) tem se destacado na agricultura mundial, por características nutricionais e de adaptabilidade, propiciando impacto socioeconômico positivo em regiões com poucas opções de diversificação agropecuária. Este cultivo tem gerado interesse em países como o Brasil, originando projetos de pesquisa para melhorar a adaptabilidade, produção e qualidade do grão. Por outro lado, a Colômbia tem incentivado a semeadura da quinoa por meio de projetos sociais que favorecem comunidades camponesas, tentando minimizar a semeadura dos cultivos ilícitos.

Ademais, tem crescido o interesse em alimentos que possam melhorar a nutrição humana e aumentar os rendimentos dos animais domésticos. O interesse da pesquisa em quinoa se deve ao alto valor nutricional e suas diversas vantagens agronômicas (SPEHAR, 2007).

A quinoa pode ser alternativa para proteção do solo em plantio direto pela alta produção de biomassa (SPEHAR, 2007). Por apresentar vantagens de baixa necessidade de sementes no plantio e contribuir à diversidade do sistema produtivo, apresenta ampla possibilidade de utilização na alimentação humana e animal. Portanto, a produção de quinoa tem se tornado atrativa, por atender a demanda de agricultores e consumidores.

No Brasil, a quinoa pode ser semeada durante todas as épocas do ano, como no inverno, verão e em segunda safra (sucessão). Cultivares com maior precocidade tem mais oportunidade de serem utilizadas em rotação, antecipação ou sucessão, pois o ciclo reduzido permite que a umidade excedente seja eficientemente utilizada. Em sucessão, a quinoa pode aproveitar os resíduos da fertilidade do solo e do nitrogênio atmosférico fixado, quando semeada em sucessão à soja precoce. O ciclo precoce ajuda a que a colheita seja feita antes da chegada das chuvas o qual é fundamental para manter a qualidade dos grãos (ROCHA, 2008). Na Colômbia a quinoa tem se tornado produto de importância, por sua adaptação a sistemas produtivos, conteúdo nutricional e baixos custos de produção. Tem sido utilizada em projetos de caráter social com incentivos governamentais, objetivando oferecer oportunidade de nutrição balanceada, rica em proteínas e minerais. Constitui alternativa de produção sustentável, com benefícios econômicos, permitindo aumentar a diversificação e ingressos econômicos, melhorando a qualidade de vida das comunidades camponesas. Opção viável para diminuir cultivos ilícitos, apresenta vantagens pelo seu valor comercial e baixos custos

de produção. O cultivo de quinoa facilita convênios com instituições de pesquisa visando utilizar metodologias de produção orgânica e tradicional, associada à conservação de recursos naturais e diversificação dos sistemas produtivos (CARVAJAL, 2015)

Na Colômbia a quinoa tem sido cultivada nos departamentos de Cauca, Boyaca e Nariño, onde é processada artesanalmente, com 80% para a venda e 20% para consumo local. No departamento de Cauca, localizam-se as regiões altas da Cordilheira Central, ou Maciço Colombiano, nos municípios de Silvia, Caldon, Totoro, Coconuco e Sotara. A quinoa cultivada nestas regiões associa-se com outras culturas como o milho, feijão e trigo (MINAGRICULTURA, 2016)

Nestes departamentos, políticas governamentais têm fomentado o plantio da quinoa através da execução de projetos agrícolas e sociais que buscam fortalecer e melhorar as condições de vida das comunidades indígenas e camponesas. O componente produtivo da quinoa no departamento de Cauca relata a inscrição de 2.012 beneficiários com média de quatro integrantes por família, permitindo atender cerca 8.068 pessoas. Da população, 64% são jovens entre os 18 e 26 anos de idade para os quais tem se gerado alternativas de emprego. Em 2015 a cadeia produtiva da quinoa no departamento foi fortalecida por 912 ha, com produção de 1.368 toneladas anuais e rendimento de $1,5 \text{ t ha}^{-1}$ (CAUCA, 2015).

A quinoa na Colômbia tem sido semeada em alturas superiores aos 2000 m, desaproveitando-se oportunidades de expansão em áreas de menor altitude. Tendo em conta o potencial de adaptabilidade da quinoa e o efeito positivo que tem sobre face às mudanças climáticas globais este trabalho de pesquisa teve como objetivo avaliar biometria e características agrônômicas de genótipos de quinoa originários do Brasil e da Colômbia, em diferentes regiões agroambientais a fim de determinar sua adaptabilidade em locais com menores altitudes e integração a sistemas produtivos sustentáveis.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem e importância de quinoa

A quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), da família *Amaranthaceae*, sub-família *Chenopodioideae*, a mesma do espinafre e da beterraba, é espécie granífera anual domesticada pelos povos habitantes da cordilheira dos Andes há milhares de anos. Para aquelas populações, a quinoa tinha o mesmo propósito agrícola e culinário que a cevada apresentava no continente europeu desde a antiguidade, a qual foi introduzida pelos colonizadores espanhóis. Contudo, a quinoa supera a cevada em compostos nutricionais (SPEHAR, 2007)

A quinoa experimentou diminuição significativa no cultivo, depois da conquista espanhola, sendo marginalizada, tanto pelo êxodo rural como pela introdução de novos cultivos como o trigo e a cevada na alimentação. Seu cultivo caiu em declínio provavelmente para reduzir a importância que esse produto representava para os povos, a sociedade e a religião locais. Entretanto, agricultores andinos conservaram as sementes e continuaram seus cultivos em pequenas áreas (CARBONE- RISI, 1986) apud (SPEHAR; SANTOS, 2002)

A mudança de hábitos alimentares e a preferência por alimentos nutritivos e orgânicos a nível global promoveram o reconhecimento e a revalorização da quinoa, permitindo o incremento de sua produção. Seu valor nutritivo baseia-se no balanço ideal de aminoácidos em suas proteínas que a convertem componente ideal nas dietas. Ademais, o conteúdo de carboidratos, gorduras, vitaminas e minerais complementam seu valor nutritivo (PANDO; CASTELLANOS, 2016).

Mesmo diante de sua importância na dieta alimentar em várias partes do mundo, a produção ainda está aquém de atender a demanda crescente. Os maiores produtores de quinoa estão localizados nos Andes, sendo Peru e Bolívia os mais importantes com 114 e 77 mil toneladas respectivamente, com Equador e Colômbia em menor escala. Na atualidade EUA, Canadá e países europeus cultivam em áreas pequenas não aparecendo nas estatísticas mundiais (FAO, 2014).

2.2 Características taxonômicas e botânicas

O gênero *Chenopodium* apresenta-se distribuído pelo mundo, com várias espécies, cerca de 250 identificadas (GIUSTI, 1970), apud (SPEHAR, 2006) Dessas, destacam-se *C. quinoa*, *C. palidicaule* (de origem andina) e *C. berlandieri* ssp. *nutaliae* (de origem mexicana) como pseudocereais da América. Na Ásia, cultiva-se *C. album*, do qual se utilizam os grãos e

as folhas na alimentação, como espinafre. Essa espécie constitui planta invasora em regiões temperadas e subtropicais do mundo e mais recentemente tem ocorrido no Cerrado (SPEHAR; SANTOS et al., 2003.). O número diferente de cromossomos faz com que apresente isolamento natural entre essa espécie e *C. quinoa*, sem risco de ocorrerem híbridos naturais. (CHRISTENSEN; PRATT et al., 2007), estimou que existem aproximadamente 5000 acessos e diversas cultivares comerciais de quinoa mantido em coleções em todo o mundo, embora, existe número indefinido de acessos na Colômbia, Equador, Chile e Argentina.

A quinoa é planta anual, dicotiledônea, herbácea, cuja estatura pode variar entre 0,2 e 3,0 m. As plantas podem apresentar diversas cores que vão desde o verde, roxo ao vermelho com variações intermediárias entre estas. A haste principal da planta pode ser ramificada ou não, dependendo do ecótipo, variedade, densidade de semeadura e condições do meio em que seja cultivada. A haste é de seção circular próximo à raiz, transformando-se em angular à altura dos ramos e folhas (MUJICA, 1992).

É mais frequente o habito ramificado nas variedades cultivadas nos vales andinos do sul do Peru e Bolívia, diferente do observado nas variedades cultivadas no altiplano e em boa parte das variedades do centro e norte do Peru e Equador (MUJICA, 1992).

2.2.1 Folhas

As folhas são polimórficas em uma mesma planta - as basais grandes, romboides ou triangulares, enquanto as superiores próximo à panícula são lanceoladas. Sua cor varia do verde ao vermelho passando ao amarelo e violeta, dependendo da natureza e importância dos pigmentos. As folhas são dentadas na extremidade podendo apresentar até 43 dentes. Contêm granulos na sua superfície, com aparência arenosa, contendo células ricas em oxalato de cálcio, capazes de reter água e aumentando a umidade relativa da atmosfera ao redor da folha e reduzindo a transpiração (TAPIA, 1990).

2.2.2 Inflorescência

A inflorescência de quinoa é panícula de comprimento variável entre 15 a 70 cm, localizada no ápice da planta e no ápice dos ramos. Apresenta um eixo principal, eixos secundários e eixo terciários. Considerando a forma e posição dos glomérulos (grupos de flores) classificam-se em amarantiformes, glomeruladas e intermediárias. No grupo amarantiforme os glomérulos estão diretamente inseridos no eixo secundário, com forma quase retangular, muito semelhante aos dedos. Na glomerulada os glomérulos estão

localizados no eixo terciário que se origina do eixo secundário e tomam a aparência arredondada (CURTI; ANDRADE, et al., 2012). No tipo intermediário os glomérulos têm forma não definida (entre retangulares ou arredondados). A longitude dos eixos secundários e terciários determina se a inflorescência pode ser alargada, intermediária ou compacta; esta última característica está associada ao tamanho dos grãos, sendo menores, os formados em panículas compactas. (PANDO; CASTELLANOS, 2016).

2.2.3 Flores

As flores são incompletas, séssies e desprovidas de pétalas, constituídas por corola formada por cinco peças florais tepaloides, sepaloides, podendo ser hermafroditas, pistiladas (femininas) e androestéreis. Por esta estrutura pode apresentar reprodução por autogamia ou alogamia. A percentagem de alogamia tem se mostrado variável com cerca de 10 % de polinização cruzada, podendo variar entre 80 % (Kancolla), e 17 %. (Piartal) (MUJICA; et al., 2001). As flores apresentam, em geral, perigonio sepalóide, rodeado de cristais de oxalato de calcio, com cinco sépalas verdes; androceu com cinco estames curtos, curvos de cor amarela e filamentos curtos; gineceu com estigma central plumoso e ramificado com duas a três ramificações estigmáticas, ovario elipsoidal, súpero, unilocular. As flores hermafroditas, no glomérulo, são apicais e sobresaem às pistiladas (MUJICA; et al., 2001). A ocorrência de aberrações florais como protoandria, amadurecimento precoce das estambes e protoginia, quando ocorre o contrário, favorecem polinização cruzada. Ademais flores ginomonoicas são encontradas em ramos das partes inferiores das inflorescências. Portanto, observam-se flores em diferentes fases de desenvolvimento no mesmo glomérulo.

O tamanho das flores é muito pequeno, atingindo tamanho máximo de 3 mm para as hermafroditas, enquanto as pistiladas são menores, dificultando a realização de cruzamentos e emasculações (MUJICA et al., 2001)

2.2.4 Fruto

O fruto é um aquênio indeiscente contendo semente que pode chegar a até 2,66 mm de diâmetro de acordo com a variedade. O perigonio cobre às sementes e se solta facilmente quando esfregado. O episperma que envolve a semente é composto por quatro camadas: o exterior determina a cor da semente, é de superfície rugosa, quebradiço, facilmente se remove com água, e contém saponina. (BOJANIC, 2011)

2.3 Requerimentos do plantio

2.3.1 Solo

A quinoa mostrou desenvolvimento favorável em solos francos, pouco arenosos, arenosos ou francos argilosos; pouco profundos, com alto conteúdo de matéria orgânica, em pendentes moderadas, condições em que se obtiveram elevados rendimentos (MUJICA; JACOBSEN et al., 2001). Ademais, os solos devem apresentar fácil drenagem, pois a quinoa é muito susceptível ao excesso de umidade, sobretudo nos primeiros estádios. Em solos arenosos e com déficit de água, houve redução de rendimento nas condições andinas (TAPIA; SÁNCHEZ et al., 2000).

2.3.2 Acidez (pH) e Salinidade

A quinoa tem mostrado adaptabilidade a diferentes valores de pH, desde solos alcalinos, com (pH 9) na Bolívia e Peru, a condições de solos ácidos (pH 4,5). A quinoa também tem mostrado potencial de germinação em condições salinas de até 52 mS/cm, ainda que nessas condições extremas de salinidade o período de germinação leve até 25 dias (MUJICA; JACOBSEN et al., 2001).

Pode-se sugerir que a tolerância à salinidade em quinoa se consegue graças à eliminação mais rápida de Na⁺ desde o citosol e alta concentração de K⁺ nas raízes e brotes, obtendo alta relação de Na + K (SUN, 2017).

Em estudos realizados com teores de NaCl 300 mM, em alguns genótipos de quinoa, não só mostraram a conservação de seu crescimento em condições salinas, por vezes com maior desenvolvimento que em condições de baixa salinidade (SCHMÖCKEL et al., 2017).

Por sua elevada variabilidade genética, a quinoa permite a seleção de genótipos com potencial de adaptabilidade nessas condições extremas.

2.3.3 Clima

A quinoa tem mostrado adaptação a diferentes tipos de climas como: desérticos e secos da costa; frios das grandes altitudes; vales andinos temperados e chuvosos; elevada temperatura e umidade da selva. Assim, a seleção de genótipos tem sido realizada nas condições climáticas locais de adaptação (MUJICA; JACOBSEN et al., 2001). Em geral, a quinoa tem mostrado tolerância a temperaturas maiores do que 35° C, ainda que não tenha se desenvolvido adequadamente; próximas de -1°C em qualquer etapa de seu desenvolvimento, exceto durante a floração, causando esterilidade de pólen (TAPIA; SÁNCHEZ et al., 2000).

2.4 Aportes potenciais da quinoa à segurança e soberania alimentar

A situação da produção e distribuição de alimentos no planeta apresenta desafios de ampla magnitude aos quatro pilares da segurança alimentar: disponibilidade, acesso, consumo e utilização biológica.

Neste contexto a quinoa constitui-se em cultivo estratégico à segurança e soberania alimentar devido à qualidade nutritiva, ampla variabilidade genica, adaptabilidade e baixo custo de produção.

A quinoa constitui-se em alternativa para que os países com limitações na produção de alimentos, e, por conseguinte vêm-se obrigados a importa-los ou receber ajuda alimentar, possam produzir seu próprio alimento de alto potencial.

Este cultivo pode contribuir à segurança alimentar de diversas regiões do planeta, especialmente de países onde a população não tem acesso a fontes de proteína ou onde as condições de produção são limitadas pela escassa umidade, a baixa disponibilidade de insumos e a aridez. (BOJANIC, 2011).

2.5 Propriedades nutricionais da quinoa

O elevado valor nutricional da quinoa a coloca em destaque entre outras espécies de grãos (Tabela 1). O teor de proteína da quinoa varia entre 13,81 e 21%, dependendo da variedade.

Devido ao alto teor de aminoácidos essenciais da proteína, a quinoa é considerada como o único alimento do reino vegetal que fornece todos os aminoácidos essenciais, em proporções próximas de padrões de nutrição humana estabelecidos pela FAO (FAO, 2014). Observa-se que o balanço de aminoácidos essenciais da quinoa é superior ao do trigo, cevada e soja, e que pode ser comparada favoravelmente com a proteína do leite (tebela 2).

Tabela 1. Composição nutricional de quinoa comparada outros alimentos selecionados.

Composición	Quinoa	Feijão	Milho	Arroz	Trigo
Energía (kcal/100g)	399	367	408	372	392
Proteína (g/100g)	16,5	28	10,2	7,6	14,3
Gordura (g/100g)	6,3	1,1	4,7	2,2	2,3
Carboidratos (g/100g)	69	61,2	81,1	80,4	78,4

Fonte (Adaptado de KOZIOL 1992) apud (FAO, 2013).

Tabela 2. Comparação do perfil de aminoácidos essenciais de quinoa e outros cultivos selecionados, em g/100g de proteína.

Aminoácido	FAO ¹	Quinoa	Milho	Arroz	Trigo
Isoleucina	3	4,9	4	4,1	4,2
Leucina	6,1	6,6	12,5	8,2	6,8
Lisina	4,8	6	2,9	3,8	2,6
Metionina	2,3	5,3	4	3,6	3,7
Fenilalanina	4,1	6,9	8,6	10	8,2
Treonina	2,5	3,7	3,8	3,8	2,8
Triptófano	0,66	0,9	0,7	1,1	1,2
Valina	4	4,5	5	6,1	4,4

Fonte (Adaptado de KOZIOL 1992) apud (FAO, 2013); ¹Quantidade Recomendada pela FAO para crianças entre 3 a 10 anos

As proteínas de alta qualidade contidas no grão mostram-se pouco afetadas pelas condições de cultivo, particularmente em déficit hídrico. Isso confere à quinoa grande resiliência, útil na agricultura com problemas de aridez, de solos degradados ou salinizados, agravada por alterações climáticas por excesso de emissões de gases de efeito estufa. Os 20 aminoácidos mantêm com frequência suas proporções em diferentes condições de cultivo, enquanto minerais (P, K, Ca, Mg, Mn, Zn), vitaminas (B1, B2, B3, C, E), flavonoides somam-se em forma sinérgica, assegurando elevada qualidade nutricional e antioxidante, mantida

mesmo depois de transformação. As vantagens sobre o arroz, somadas à semelhança de usos culinários, de seus processos de transformação pós-colheita e a baixa demanda hídrica permite prever que a quinoa pode substituir o cereal, com altos benefícios para a saúde humana tanto em populações deficitárias como naquelas onde o problema é a má nutrição por excesso. (MARTÍNEZ, 2014).

2.6 Importância da quinoa no Brasil

A quinoa no Brasil tem enorme potencial de ser cultivada em grande escala como alternativa de sucessão no sistema de plantio direto, tendo em conta sua alta produção de matéria seca. O grão altamente nutritivo pode ser utilizado pelas indústrias de alimentos e rações (SPEHAR; SANTOS, 2002). A parte aérea da planta como forragem na alimentação animal pode ampliar as opções na integração do sistema lavoura-pecuária (SPEHAR, 2003). No Brasil tem aumentado o interesse na quinoa para melhorar os sistemas de produção e qualidade dos alimentos. Desde estudos pioneiros em ambientes de Savana, ampliando seu plantio a outras regiões do país. Estes logros são o resultado de projetos de pesquisa destinados à produção de grãos, a proteção dos solos e à diversificação das terras agrícolas (SPEHAR, 2007). As primeiras tentativas de se introduzir a quinoa em seu domínio como segundo cultivo começaram na década de 1990, avaliando linhas de híbridos entre cultivares do altiplano andino, sensíveis à duração do dia (SPEHAR; SOUZA 1993, SPEHAR 2007; SPEHAR et al., 2011). Em vista do potencial da quinoa, o germoplasma foi aumentado mediante a introdução de genótipos com variabilidade desde os países andinos e Estados Unidos, incluindo genótipos de vales com sementes grandes e livres de saponinas. Elevada taxa de polinização cruzada na savana permitiu recuperação híbrida na qual se derivaram progênies de plantas individuais, as que foram avaliadas por agronomia e qualidade nutricional. Estes esforços resultaram em os cultivares BRS Piabiru e BRS Syetetuba, obtidos na década de 2000, despertando o interesse pela quinoa no Brasil (SPEHAR; ROCHA, et al., 2014).

Têm-se hibridado genótipos agronomicamente superiores para estudar a herança genética do tipo de planta, tamanho das sementes, rendimento de semente e do conteúdo de componentes orgânicos e minerais para poder melhorar a eficiência da seleção (ROCHA, 2011). O cultivo da quinoa tem sido limitado pela qualidade intrínseca de sua semente, que no curto prazo se torna inviável, se deteriorando rapidamente em condições de alta umidade e

temperatura (SOUZA, 2013). Diferente dos grandes cultivos tem recebido pouco apoio em pesquisa e desenvolvimento, fazendo que seja difícil conseguir avanços. No entanto, a perspectiva de lucros poderia criar oportunidade para que as instituições públicas e equipes conjuntas de universidades aperfeiçoem a tecnologia. O cultivo comercial da quinoa pode ser praticado por agricultores mecanizados de tamanho médio a grande e por familiares, com dois enfoques diferentes, o segundo sendo orientado à produção orgânica. Com a crescente demanda mundial espera-se que a contribuição de Brasil aumente nos próximos 20 anos, reduzindo a pressão sobre Bolívia e Peru, onde a quinoa tem sido o único cultivo de exportação privando às populações locais deste valioso alimento ancestral, com as consequências negativas do monocultivo (SPEHAR; ROCHA et al., 2014).

2.7 Objetivos de melhoramento genético.

Segundo Spehar (2007), a quinoa para sua completa adaptação ao sistema produtivo, tem de apresentar características agronômicas de rapidez de crescimento, ausência de acamamento, insensibilidade ao fotoperíodo, baixa ramificação, indeiscência do peritônio e das sementes, maturação uniforme, ciclos variados entre precoces e tardios, elevado rendimento dos grãos e biomassa, sementes com qualidade e elevado peso de 1.000 sementes entre 2 e 3,5g/1000.

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Avaliar a biometria e comparar as características agronômicas de 15 genótipos de quinoa, sobre diferentes altitudes e densidades de plantio.

3.2 Específicos

Identificar progênies de quinoa com melhor comportamento em altitudes de 1100 e 1850 m;

Comparar o comportamento de cultivar BRS Syetetuba com variedades cultivadas na Colômbia;

Determinar o desenvolvimento das progênies selecionadas quanto ao ciclo;

Determinar a biometria e as características agronômicas em resposta a duas formas de semeadura;

Determinar o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento da quinoa.

4. BIBLIOGRAFIA

BOJANIC, A. La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad. [S.l.]: Retrieved, v. 18, 2011.

CARVAJAL, A. CIAT. Una visión compartida y un plan de acción para el futuro de la quinoa en Colombia, 2015. Disponível em: <www.blog.ciat.cgiar.org/es/una-vision-compartida-y-un-plan-de-accion-para-el-futuro-de-la-quinoa-en-colombia/>. Acesso em: 29 julho 2017.

CAUCA, A. Agrocadenascauca/Quinoa, 2015. Disponível em: <www.agrocadenascauca.com>. Acesso em: 30 Setembro 2016.

CHRISTENSEN, S. A., PRATT, D. B., PRATT, C., NELSON, P. T., STEVENS, M. R., JELLEN, E. N., ... & MAUGHAN, P. J. Assessment of genetic diversity in the USDA and CIP-FAO international nursery collections of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) using microsatellite markers. *Plant Genetic Resources*, v. 5, n. 2, p. 82-95., 2007.

CURTI, R. N., ANDRADE, A. J., BRAMARDI, S., VELÁSQUEZ, B., & DANIEL BERTERO, H. Ecogeographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from Northwest Argentina. *Annals of Applied Biology*, v. 160, n. 2, p. 114-125., 2012.

FAO. Año internacional de la quinoa , 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/>>. Acesso em: 2 Outubro 2016.

FAO. TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DEL COMERCIO INTERNACIONAL DE QUINUA. FAO. SANTIAGO. 2014.

MARTÍNEZ, E. A. Quinoa: Aspectos nutricionales del Arroz de los Incas. In: BAZILE, D., et al. Estado del arte de la quinoa en el mundo. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 2014. Cap. 3.4., p. 331-340.

MINAGRICULTURA. Agronet. MinAgricultura fortalece agronegocios de 1.930 familias del Cauca - 20 de septiembre de 2016, 2016. Disponível em: <<http://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/MinAgricultura-fortalece-agronegocios-de-1-930-familias-del-Cauca---.aspx>>. Acesso em: 28 dezembro 2016.

MUJICA, A. Granos y leguminosas andinas. In: IN: J. HERNANDEZ, J. B. Y. J. L. (. Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Roma: Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, 1992. p. 129-146.

MUJICA-SANCHEZ, A., JACOBSEN, S. E., IZQUIERDO, J., & MARATHEE, J. P. Origen y descripción de la quinua. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO, UNA. Puno, CIP.Santiago de Chile, p. 9-29. 2001.

MUJICA-SANCHEZ, A., JACOBSEN, S. E., IZQUIERDO, J., & MARATHEE, J. P. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Ancestral Cultivo Andino, Alimento del Presente y Futuro. Capítulo 11: Agronomía del Cultivo de la Quinoa. Santiago - Chile: FAO, 2001.

PANDO, L. G.; CASTELLANOS, E. A. Guía de cultivo de la quinua. Segunda edición. ed. Lima - Perú 2016: FAO e Universidade Nacional Agraria a Molina, 2016.

ROCHA, J. E. D. S. CONTROLE GENÉTICOS DE CARATERES AGRONÔMICOS EM QUINOA (*Chenopodium quinoa* Will). BRASÍLIA: UNIVERSIDAD DE BRASÍLIA, 2011. 164 p. Tese Ph.D.

SCHMÖCKEL, S. M., LIGHTFOOT, D. J., RAZALI, R., TESTER, M., & JARVIS, D. E. Identification of putative transmembrane proteins involved in salinity tolerance in *Chenopodium quinoa* by Integrating Physiological Data, RNAseq, and SNP Analyses. *Frontiers in Plant Science*, v. vol. 8, p. 1023., Jun 21 2017.

SOUZA, F. F. J. Physiological quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored at different environments and containers. Universidade Estadual de Goiás, Anápolis. Anápolis, GO: Universidade Estadual de Goiás, Brasil, Tese M.Sc., Anápolis. Anápolis,Brasil, p. 64, 2013.

SPEHAR, C. Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Planaltina,DF: Embrapa Cerrados, 2007.

SPEHAR, C. R. Adaptação da quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar a diversidade agrícola. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 41-62, 2006.

SPEHAR, C. R., SANTOS, R. L. B. & NASSER, L. C. B. Diferenças entre *Chenopodium quinoa* e a planta daninha *Chenopodium álbum*. Planta daninha, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 487-491, 2003.

SPEHAR, C. R., SILVA ROCHA, J. E. D. & BARROS SANTOS, R. L. D. Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147. 2011.

SPEHAR, C., ROCHA, J. D. S., RIBEIRO JÚNIOR, W. Q., SANTOS, R. D. B., ASCHERI, J. & SOUZA, F. D. J. Avances y desafíos de la producción y utilización de la quinua en Brasil. In: BAZILE, D., et al. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 2014. p. 682-706.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002.

SPEHAR, C. R.; SOUZA, P. I. M. Adaptação da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ao cultivo nos cerrados do Planalto Central: resultados preliminares. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 28, n. 5, p. 635-639, 1993.

SUN, Y., LINDBERG, S., SHABALA, L., MORGAN, S., SHABALA, S., & JACOBSEN, S. E. A comparative analysis of cytosolic Na⁺ changes under salinity between halophyte quinoa (*Chenopodium quinoa*) and glycophyte pea (*Pisum sativum*). Environmental and Experimental Botany, p. 141, 154-160, 2017.

TAPIA, M. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Santiago de Chile.: Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA – FAO, Oficina para América Latina y El, 1990.

TAPIA, M. E. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO. Segunda. segunda. ed. Santiago - Chile: FAO, 2000.

1. CAPITULO ÚNICO

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE GENÓTIPOS DE QUINOA EM DIFERENTES ALTITUDES E DENSIDADES DE PLANTIO

RESUMO

A quinoa representa opção muito importante na agricultura sustentável. Por seu potencial de adaptabilidade e características nutricionais que aportam soluções aos problemas produtivos. Este trabalho teve como objetivo avaliar as características agronômicas de genótipos de quinoa em diferentes altitudes e densidades de plantio. Os experimentos foram conduzidos em duas etapas. A primeira foi a seleção de 11 genótipos a partir do cultivar BRS Syetetuba na Fazenda Agua Limpa da Universidade de Brasília, DF, Brasil. Onde os genótipos foram selecionados, tendo em conta características desejadas como precocidade, altura das plantas, tamanho da panícula, forma da panícula (fechada ou aberta), tamanho e cor de grãos. A segunda etapa foi o processo de experimentação que se desenvolveu no Departamento de Cauca, Colômbia, aos 1100 e 1850 m de altitude em dois locais: i) Fundação Ecoaldea Fundamor (1100m) e ii) Fazenda Prosperidad (1850m). O delineamento usado foi blocos ao acaso com 15 parcelas subdivididas com 4 repetições, tendo em conta dois métodos de semeadura: i) semeadura por cova (0,3 x 0,6 m) e ii) semeadura por sulco, separados por 0,6m, com densidade de 25 plantas/m. Os genótipos foram avaliados por características de altura de plantas, comprimento da panícula, ciclo (dias entre emergência e maturação e o cálculo da soma térmica), rendimento de massa seca total e grãos, índice de colheita e peso de 1.000 sementes. Realizou-se análise de variância para genótipos, locais e tipos de semeadura e a interação de genótipo por ambiente (G x E). Também se realizou teste de medias, teste de agrupamento e análise de correlação. A partir dos resultados se conclui que todos os genótipos selecionados apresentaram ciclos menores nos dois locais com resultados máximos de 116 dias e acumulação térmica de 2464°Cd. Ademais o genótipo mais sobressaliente selecionado no Brasil a partir de BRS Syetetuba foi BRQ 8 com 2283,33 k ha⁻¹. Seguidamente o genótipo selecionado na Colômbia com melhor comportamento em quanto ao rendimento e precocidade foi o genótipo Aurora com 2121,29 k ha⁻¹. Logrou-se determinar que o melhor método de semeadura é a semeadura por sulco. Além os genótipos utilizados apresentaram forte sensibilidade à temperatura vendo-se afetado o tempo de desenvolvimento, demonstrando que a quinoa é uma planta com alta sensibilidade á temperatura. Também se conclui que o número de grãos na produção é o principal determinante do rendimento da quinoa.

Palavras chave: *Chenopodium quinoa*, Interação Genótipo por Ambiente, Altitude, Temperatura, Fenologia, Acumulação Térmica e Rendimento.

ABSTRACT

Quinoa is a very important option in sustainable agriculture for its agronomic adaptability potential and nutritional characteristics contributing solutions to limited diversity in production systems. This work aimed to evaluate the agronomic characteristics of quinoa genotypes at different altitudes and densities. The experiments were conducted in two steps. The first one was the selection of 11 progenies from the cultivar BRS Syetetuba at the Agua Limpa Farm of the University of Brasília, DF, Brazil. The genotypes, progenies from selected plants, took into account desired characteristics such as precocity, plant height, panicle size, panicle shape (closed or open), grain size and color. The second stage was the experimentation conducted in the Department of Cauca, Colombia, at 1100 and 1850 m altitude in two locations: i) Foundation Ecoaldea Fundamor (1100m) and ii) Fazenda Prosperidad (1850m). The experiments had a split-plot complete randomized block design with 4 replications. The main plot was subdivided into hill and row sowing, where hills were 0.3m by 0.6, while the rows were spaced by 0.6 m with a density of 25 plants/m. The genotypes were evaluated by plant height, panicle length, cycle (days between emergence and maturation and thermal sum calculation), total dry mass and grain yield, harvest index and weight of 1,000 seeds. Variance analysis was performed for genotypes, sites and types of sowing, and genotype-environment interaction (G x E). Means test, clustering test and correlation analysis were also performed. From the results, it was concluded that all selected genotypes presented smaller cycles in both sites with maximum results of 116 days and a thermal accumulation of 2464 ° Cd. In addition the most outstanding genotype selected in Brazil from BRS Syetetuba was BRQ 8 with 2283,33 k ha⁻¹. Then the genotype selected in Colombia with the best yield and precocity behavior was the Aurora genotype with 2121.29 k ha⁻¹. It has been determined that the best seeding method is furrow seeding. In addition, the genotypes used showed a strong sensitivity to temperature and the development time was affected, demonstrating that quinoa is a plant with high sensitivity to temperature. It is also concluded that the number of grains in the production is the main determinant of the yield of quinoa.

Key words: *Chenopodium quinoa*, Genotype by Environment Interaction, Altitude, Temperature, Phenology, Accumulated Degree Days, Yield.

1.1 INTRODUÇÃO

O incremento da população mundial tem exigido aumento na produção de alimentos associado a práticas agrícolas ambientalmente sustentáveis em contraste aos frágeis sistemas produtivos existentes. Os desafios requerem a seleção de cultivos mais eficientes no uso de nutrientes que, ao mesmo tempo, possam satisfazer a deficiência nutricional predominante em algumas regiões. A resistência excepcional de muitas espécies subutilizadas como a quinoa e sua capacidade para fazer frente a condições adversas tem sido a oportunidade de enfrentar mudanças climáticas globais (BHARGAVA; DEEPAK, 2014).

Ante a necessidade de alimentos de qualidade para alimentar a população mundial no contexto da mudança climática, a quinoa tem se constituído em alternativa para superar a insegurança alimentar, reconhecida por suas propriedades nutritivas e dietéticas, apresentando diversidade genética e capacidade de adaptação a diferentes condições agroambientais resultando em benefícios culturais e socioeconômicos (OYOO; KHAEMBA et al., 2014).

A quinoa tem despontado como umas das poucas espécies cultivadas a crescer em extremas condições ambientais condicionadas por altitudes, desde nível do mar até os 4.000 m; baixa precipitação pluviométrica e aridez (100-300 mm anuais); salinidade dos solos e baixas temperaturas (BAZILE; MARTÍNEZ et al., 2014). As mudanças climáticas em curso afetarão negativamente os agro-ecossistemas, reduzindo a disponibilidade de água, a qualidade da água, e a produtividade das culturas. Neste ambiente de mudanças, deve ter papel de destaque na diversificação dos sistemas agrícolas (COULIBALY; SANGARE et al., 2014).

A adaptação dos cultivos menos participativos da agricultura mundial a estresses abióticos e bióticos deve se acentuar, criando oportunidade para a quinoa. Daí, a necessidade de se buscar adaptação aos fotoperíodos e temperaturas de regiões potenciais de cultivo. A adaptação tem consistido em manipular, as fases vegetativas e reprodutivas, por seleção de genótipos, até se alcançar a fenologia desejável. A quinoa poderia se utilizar na diversificação agropecuária mundial, além de sua origem e domesticação, como alternativa para as terras agrícolas marginais (JACOBSEN, 2014).

Historicamente, a quinoa tem sido continuamente selecionada na região andina, caracterizando sua expansão gradual desde o provável centro de origem ao redor do lago Titicaca. Sua expansão ocorreu para o norte (Equador, Colômbia e Venezuela) e para o Sul (Chile e Argentina) desde o altiplano aos vales e regiões costeiras dos países andinos. No entanto, o processo foi lento devido à alta variabilidade do meio ambiente e as condições climáticas irregulares na região andina (BERTERO et al, 2004).

A tolerância ao frio depende das fases de desenvolvimento da planta submetida a temperaturas abaixo de zero e da proteção natural dos ambientes serranos. A quinoa sobrevive à temperatura de $-7,8^{\circ}\text{C}$ nas fases iniciais em condições de Montecillo, México, que se encontra a 2245 m sobre o nível do mar; tolera solos de diferente textura e pH, e inclusive crescendo em solos muito ácidos e fortemente alcalinos ensejando grande adaptação às variações climáticas, com eficiente uso de água, sendo agrupada junto com espécies resistentes à mudança climática como a fava, o milho, o amaranto, a cebola dentre outras (BOJANIC, 2011).

A temperatura do ar é um dos elementos do ambiente de maior importância no crescimento e desenvolvimento dos cultivos e determina em grande parte, a distribuição geográfica das comunidades vegetais nativas e cultivadas. A ação da temperatura no crescimento e desenvolvimento das plantas tem sido medida pelo efeito acumulado a partir de temperatura basal própria da cada cultivo, procedimento que tem recebido diferentes denominações: soma de temperaturas efetivas, soma de unidades térmicas, soma de unidades calóricas ou soma de graus-dia (LAMELAS et al ., 1993) apud (AGÜERO; FÉREZ et al., 2009).

Conhecer a relação que existe entre a planta e seu meio é fundamental para realizar um manejo técnico adequado de cultivo. As plantas respondem principalmente às mudanças nas variáveis ambientais tais como a temperatura, a umidade relativa e a luminosidade, gerando respostas como o início da germinação, floração, maturação fisiológica etc. esta informação permite planificar os controles fitossanitários, a data de colheita, ou bem prever dados tão importantes como o rendimento esperado, entre outros (SEPOR, 2010).

A resposta universal propiciada pela soma térmica, explica a aceleração ou o retardo do crescimento e desenvolvimento das plantas quando são expostas a temperaturas variáveis. A temperatura média de um determinado local define a duração das fases, ou a velocidade

com que ocorrem eventos determinados por unidade de tempo. Assim, para locais com temperaturas médias diferentes, a duração das fases de crescimento e desenvolvimento varia em número de dias, ainda que a soma térmica seja igual (MIRALLES; GÓMEZ et al., 2004).

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Fenologia da quinoa

As fases do crescimento, correspondendo à germinação, emergência, crescimento da parte aérea e das raízes e do desenvolvimento das plantas (florescimento, frutificação e maturação), constitui ferramenta eficaz de manejo. Possibilita identificar, por meio da observação dos caracteres morfológicos da planta, o momento fisiológico de cada fase resultando no rendimento da cultura (CÂMARA, 2006). Ademais, a fenologia ilustra as mudanças externas diferenciáveis e visíveis, como resultado de relações da planta com as condições ambientais (temperatura, luz, umidade) do lugar onde se desenvolvem (MUJICA, 2006). O conhecimento das fases de fenologia da planta e a respectiva soma térmica permite fazer o planejamento das práticas de manejo como fertilização, colheita, controle de doenças, pragas, entre outros. (WISE; JOHNSON et al., 2011).

Estudos realizados desde os anos 1940 demonstraram respostas quantitativas ao fotoperíodo em quinoa. Algumas etapas do desenvolvimento se prolongam quando as plantas são cultivadas em dias longos, mas florescem em toda a faixa de fotoperíodos explorados. Ademais, a duração do desenvolvimento é sensível à temperatura e estes dois fatores interatuam em determinar sua duração baixo condições de campo (BERTERO, 2014).

Em geral, o ciclo de crescimento da quinoa varia entre 80 e 240 dias dependendo do lugar de semeadura e diferenças entre genótipos. Estudos realizados no Cerrado brasileiro demonstraram que a quinoa teve diferenciação floral aos 30 dias após a emergência e a antese aos 45 dias. O período entre a emergência e a maturação fisiológica foi cerca de 120 dias (SPEHAR; ROCHA et al., 2011). Outros estudos realizados na savana colombiana demonstraram que a fase vegetativa inicia o crescimento após 15 dias da semeadura, a ramificação ocorrendo entre 70 e 90 dias, e a fase reprodutiva compreendida entre desenvolvimento da panícula e a maturação fisiológica durando 150 a 177 dias. Assim, dependendo do ambiente, por efeito de temperatura, mais baixa em elevadas altitudes, o ciclo das plantas é variável, não permitindo comparações (DELGADO; PALACIOS; BETANCURT, 2009). Daí a importância de se calcular a soma térmica. Definidas as somas térmicas, estas serão válidas em comparações de ambientes diferentes. (RAMÍREZ; GUERRERO et al., 2016).

A variabilidade da quinoa nas características fenológicas é muito promissora do ponto de vista do melhoramento genético, já que, será possível fazer frente as limitações abióticas

como as geladas e secas, dois fatores que afetam a produção dos cultivos (GEERTS; RAES et al., 2006; POUTEAU; RAMBAL et al., 2011; WINKEL; POUTEAU et al., 2011; CURTI; ANDRADE et al., 2012)

Estádios Fenológicos

Os estádios fisiológicos estão divididos em duas fases: vegetativa e reprodutiva, segundo a escala BBCH definida para quinoa (SOUZA, 2017). Estes incluem germinação que nas condições do Cerrado ocorre aos 4-5 dias depois da sementeira. Quando menor é a temperatura menor o tempo necessário para germinação (BOIS; WINKEL et al., 2006). As primeiras folhas no caule principal estão conformadas em páreas e opostas, seguidas por folhas alternadas até o surgimento de brotos laterais visíveis, terminando com nove ou mais brotos. O primórdio da inflorescência no caule principal ocorre no ápice da planta, com o desenvolvimento desde o seu surgimento, coberto por folhas até a ocorrência de botões florais fechados. As inflorescências apresentam formato piramidal ou cônico, dependendo do genótipo (estádio 53). Em seguida, surgem folhas lanceoladas típicas da inflorescência (estádio 55). Durante as fases iniciais de desenvolvimento da inflorescência há a presença de oxalato de cálcio, que também ocorre sobre a superfície das folhas.

A abertura das primeiras flores e a antese inicia e se sucede até a floração plena, com aproximadamente 50% das flores abertas (estádio 6) Quando hermafroditas ou estaminadas apresentam estames de coloração amarela, seguida pelo fechamento do perigônio, iniciando-se a formação do fruto. Em uma mesma inflorescência podem ser encontradas flores abertas, fechadas e frutos em início de formação. Esta etapa é a mais susceptível a fatores climáticos e tem influência direta no número de sementes por planta em quinoa adaptada ao cultivo no nível do mar (BERTERO; RUIZ, 2008).

Os frutos se formam a partir do 14 dias após a antese, sendo diminutos e verdes, não visíveis, cobertos totalmente pelo perigônio, com conteúdo fluido quase totalmente aquoso, seguindo até que 50% dos frutos possuam essa característica (estádio 71). A coloração evolui para leitosa (estádio 73) e com textura consistente até o tamanho final, ainda com coloração verde (estádio 75). Quando atinge o estágio grão leitoso tardio (77), o fluido é totalmente leitoso e o fruto possui coloração esbranquiçada. Nesta fase quando o genótipo apresenta deiscência do perigônio, os frutos se tornam expostos.

Na maturação (estádio principal 8) ocorre intenso acúmulo de reservas no fruto. O seu conteúdo deixa a fase leitosa, adquirindo consistência pastosa (estádio 83), com teor de água em torno de 50%. Gradativamente, o fruto pode ser dividido em duas partes com a pressão da unha, tornando-se mais difícil ao longo do tempo (estádio 89) até se atingir a maturidade fisiológica, desprendendo-se da inflorescência com o friccionar dos dedos, com teor de água aproximado de 30%. Na senescência (estádio principal 9) as folhas do terço médio e inferior amarelecem e caem na maturidade, as plantas estão sem folhas e o caule apresenta baixa quantidade de água com coloração típica do genótipo (amarelada ou vermelha) (SOUZA, 2017).

1.2.2 Temperatura de desenvolvimento da quinoa

Ainda que não se tenham definido temperaturas ótimas para o desenvolvimento da quinoa, os valores médios desse situam entre 15 - 20° C. Entretanto, em temperaturas médias de 10° C, as plantas mostraram desenvolvimento; o mesmo ocorrendo com temperaturas médias elevadas em até 25° C. Os ecótipos originários dos vales apresentaram até 56 % de perdas no rendimento devido a incidências de temperaturas de -4 °C na anteses, enquanto em ecótipos do altiplano as perdas foram de 27 % (JACOBSEN, 2005). A planta mostrou possuir mecanismos de escape e tolerâncias a baixas temperaturas suportando -5 °C na fase de ramificação, dependendo do ecótipo e da duração da temperatura mínima (MUJICA; IZQUIERDO; MARATHEE, 2001). Sua resistência ontogénica ao frio e à seca é muito variável; existem ecótipos que resistem - 8 °C, como na Bolívia, e sobrevivem 20 dias (temperatura mensal média) (TAPIA; SÁNCHEZ et al., 2000).

Também se tem demonstrado como os gradientes de variabilidade nas respostas ao desenvolvimento ao fotoperíodo e à temperatura explicam o ajuste agroecológico dos genótipos de quinoa no seu entorno de origem, e como esta resposta afeta a interação de genótipo por ambiente (G x E), para o grão em regiões altamente diversas (CURTI, 2016).

Em experimentos na França com 10 genótipos de quinoa de origem boliviana, a baixas temperaturas, se observou diminuição da capacidade de germinação, mas sempre atingindo 100 %, inclusive aos 2°C. Houve repercussão na velocidade de germinação segundo os graus de temperatura utilizada, tendo como resultado germinação em 10 horas a 20 °C e 65 horas a 2°C (BOIS; WINKEL et al., 2006).

As interações entre o fotoperíodo e a temperatura também podem ser importantes na limitação do rendimento da semente de quinoa, como demonstrado em experimentos de campo

realizados em Buenos Aires, Argentina, onde as temperaturas no verão excedem os 30 °C durante o dia e o fotoperíodo excede 14h, tem demonstrado que cultivares procedentes dos vales apresentam baixo rendimento. Em contraste, tem-se observado que em temperaturas moderadas de verão o fotoperíodo não restringe o rendimento da semente. (BERTERO; KING; HALL, 1999).

Tabela 1. Requerimentos de umidade e temperatura dos ecótipos de quinoa segundo as regiões agroecológicas.

Ecótipo	Precipitação (mm)	Temperatura mínima °C
Vales	700-1500	3
Altiplano	400-800	0
Áreas salinas	250-400	-1
Baixas altitudes	800-1500	5
subtropicais	000-2000	11

Fonte: (TAPIA, SÁNCHEZ et al., 2000)

1.2.3 Altitude de desenvolvimento da quinoa

A quinoa tem se adaptado a ampla margem de altitude, desde acima de 4000 m como na Bolívia ao nível do mar no Chile, nos últimos anos se tem estudado como nova cultura fora de suas áreas de origem (JOHNSON; WARD, 1991; JACOBSEN, 1993; BERTERO, DE LA VEGA et al., 2004)

A altitude ótima para as quinoas dos vales variou entre 2000 e 3400 m, as selecionadas no Altiplano mostraram adaptabilidade a altitudes entre 3800 e 4000 m (TAPIA; FRIES, 2017). Em geral, o melhor desenvolvimento do cultivo tem-se entre os 2800 a 3900 m para a região andina (SOTO, 2010). Em quinoa semeada ao nível do mar houve diminuição do período vegetativo, quando comparada com cultivo na região andina, atingindo rendimento de 6000 kg ha⁻¹ (MUJICA; IZQUIERDO; MARATHEE, 2001).

No Brasil a quinoa foi adaptada em condições do Cerrado sobre os 1000 m de altitude, com rendimentos de 02 t ha¹ (SPEHAR, 2007).

1.2.4 Distribuição geográfica e ecológica

No centro de domesticação e dispersão foram definidos cinco grandes grupos de quinoa (TAPIA, 1996; TAPIA, 2014):

Quinoa dos Vales: em altitudes variando de 2000 a 3600 m, têm sido cultivadas na região central e norte do Peru. A altura de plantas varia de 2 a 2,5 m de altura, com extremos de 3,5 m. Em geral são muito ramificadas com períodos vegetativos maiores de 220 dias, rendimentos não muito altos, panículas amarantiformes muito laxa e sementes pequenas. Neste grupo encontram-se fontes de resistência/tolerância ao míldio (*Peronospora farinosa*), destacando-se as variedades Blanca e Rosada de Junín, Amarilla de Maranganí, Dulce de Quitopampa (Colômbia), Dulce de Laso (Equador), Nariño, etc.

Quinoa do Altiplano: cultivadas às bordas do lago Titicaca, entre os 3600 a 3800 m, atingindo altitudes maiores, respondem por maior variabilidade morfo-agronômica, com grande número de variedades melhoradas. As plantas com altura entre 1,0 e 1,8 m, caule único, panícula terminal glomerulada densa, sementes menores que as quinoas dos vales, variáveis em sua tolerância ao míldio e ataque de insetos, sendo resistentes a geadas. Em geral apresentam alto conteúdo de saponina, com ciclos entre precoces (130 - 140 dias) a tardios (210 dias). Entre as variedades mencionam-se: precoces (Illpa-INIA e Salcedo-INIA); semi-tardias: (Blanca de Juli) e tardias (Kancolla, Chewecca, Tahuaco, Amarilla de Maranganí).

Áreas Salinas: plantas de 1 a 1.50 m com caule principal bem desenvolvido, alto conteúdo de saponina, frutos com as bordas afiadas, adaptadas a solos salinos e de pH elevado (7,5 a 8) precipitação de 300 mm . Os grãos, em geral, são amargos, com elevada percentagem de proteínas, destacando-se a variedade comercial Sajama, com ausência de saponina e grandes. Seu período vegetativo dura aproximadamente entre 154 e 170 dias.

Quinoas do Nível do Mar: cultivadas ao sul de Chile na área de Concepción e Valdivia, são plantas com até 2,0 m de altura, apresentando grãos de cor amarela a rosados e amargos, são adaptadas a ambientes de fotoperíodos mais longos com climas úmidos e temperaturas mais regulares e sobretudo a latitudes dos 40° LS. Destacam-se as variedades Quechuco de Cautin, Picharan de Maule, Baer e Litu.

Quinoas Tropicais e Subtropicais: adaptadas ao cultivo nos vales com altitude entre 1500 e 2000 m, estas plantas apresentam coloração verde escura na floração tornando-se de cor laranja na maturidade, com sementes pequenas da mesma cor, atingindo até de 2,20 m. Estão adaptadas a climas subtropicais e a níveis mais altos de precipitação.

Os trabalhos de pesquisa conduzidos no Brasil permitiram desenvolver um ecótipo, produto da seleção em ambiente de Cerrado (SPEHAR, 2007)., com destaque para as variedades BRS Syetetuba e a BRS Piabiru.

1.2.5 Peso de mil sementes

O peso de mil sementes varia de 1,9 a 4,3 g, em função do genótipo e condições ambientais (ALVAREZ; PAVÓN; VON RÜTTE, 1990). No ano 2003 encontrou-se que o peso de sementes varia entre 1,2 e 6,0g inclusive para um mesmo ambiente (ROJAS, 2003). Em experimento em campo no Brasil as cultivares BRS Piabiru e BRS Syetetuba possuem peso de 2,42 e 2,90 g 1000⁻¹, respectivamente (SPEHAR; SANTOS, 2002); SPEHAR et al., 2011).

Na Colômbia cultivares avaliada em um mesmo ambiente mostraram variabilidade de peso entre 2,52 e 3,45 g 1000⁻¹, (DELGADO; PALACIOS; BETANCURT, 2009).

Os componentes numéricos como número de grãos e peso são atributos que permitem interpretar as interseção de genótipo por ambiente (CURTI; DE LA VEGA et al., 2014).

1.2.6 Índice de colheita

O índice de colheita, ou relação da massa de grãos sobre massa total da planta, mede a eficiência produtiva, refletindo a capacidade fotossintética e a efetiva translocação de foto-assimilados às sementes, sendo influenciada por genótipo, práticas culturais e o meio ambiente (BERTERO e RUIZ, 2010). Avaliações de genótipos de quinoa na Bolívia mostraram variações entre 0.06 e 0.87 de índice de colheita, com os menores valores para quinoa selecionada nos vales e, portanto, pouco adaptadas ao cultivo no altiplano, em contraste com as selecionadas nesse ambiente e com valores mais elevados (ROJAS, 2003).

O índice de colheita de quinoa de experimentos em vários ambientes, variou entre 30 e 50% dependendo da variedade e ambiente (FAO, 2012). Em pesquisa realizada no Brasil foram obtidos rendimentos de 2,3 t ha⁻¹ de grãos, com 7,5 t ha⁻¹ de biomassa total e índice de colheita (IC) médio de 31% com a cultivar BRS Syetetuba. (SPEHAR; ROCHA et al., 2011).

Quando o interesse se centra nas interações do genótipo por ambiente para rendimento do grão, a pesquisa deve estar dirigida entre o rendimento e seus determinantes fisiológicos como a biomassa total acumulada, que permite calcular o índice de colheita. (BERTERO; DE LA VEGA et al., 2004; CURTI, DE LA VEGA et al., 2014). Por tanto as características

desejáveis em seleção relacionam-se a altos índices de colheita, baixa altura da planta, curta duração do ciclo de vida, e o máximo rendimento de semente (BERTERO; 2014).

1.2.7 Calculo da somatória térmica

Cada fase do desenvolvimento requer um mínimo de temperatura acumulada para completar e passar à fase seguinte. Este total chama-se tempo térmico, soma térmica, ou graus/dia ($^{\circ}\text{Cd}$) (FAO, 2001).

O conhecimento dos fatores ambientais que regulam a duração do desenvolvimento dos cultivos constitui elemento indispensável para predizer seu comportamento agronômico e o rendimento em regime climático conhecido. Ademais, os fatores ambientais relevantes na definição do ciclo dos cultivos são a temperatura e o fotoperíodo. Sua importância relativa depende da sensibilidade das plantas na cada fase. Adicionalmente a temperatura é o fator ambiental com maior impacto relativo sobre a duração do desenvolvimento da quinoa (BERTERO, 2014).

A soma de graus-dia (GD), definida pelo somatório de temperatura média diária, subtraindo-se a temperatura base, até a ocorrência de uma determinada fase do ciclo de vida (BERLATO et al., 1978) apud (MAXIMIANO, 2014).

No calculo da soma térmica leva-se em conta a temperatura base da quinoa, abaixo da qual a fisiologia da planta fica inativa. A temperatura base varia entre espécies (MCMASTER, 1997). Para quinoa a temperatura base é de 3°C Para temperaturas médias diárias de 16°C e de 22°C em dois locais, obtêm-se 13°C e 19°C respectivos graus-dia. Assim, infere-se que os eventos vão ocorrer mais rapidamente no segundo caso, onde a soma térmica será atingida primeiro. Portanto, corresponde à somatória do calor efetivo para o crescimento de plantas, acumulado durante um dia (SALAZAR, 1994).

Segundo (BERTERO B; KINGB; HALLA, 1999b) a duração do tempo térmico é constante e mínimo entre a emergência e a floração, em condições de fotoperíodos ótimos.

1.2.8 Características dos genótipos

BRS Syetetuba: foi adaptada ao Brasil por seleção de progênies provenientes da população Q4, originária dos vales equatorianos. O genótipo foi uniformizado em suas características agronômicas, recebendo o nome de BRS Syetetuba. Em experimentos de verão e entressafra, apresentou rendimentos de $2,3 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos e $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ de biomassa total, em 120 dias, da emergência à maturação. Estes resultados superaram aqueles alcançados pelas

cultivares padrões BRS Piabiru e Kancolla. Os grãos são livres de saponina e têm peso médio de 2,9 g/1000 sementes (SPEHAR; ROCHA et al., 2011).

Tunkahuan: a variedade INIAP Tunkahuan, foi obtida por seleção em germoplasma coletado na província do Carchi (Equador) em 1985. Em 1986 identificou-se como linha promissora, integrando o banco de Germoplasma do Departamento Nacional de Recursos Filogenéticos do INIAP, com o código ECU 0621. foi avaliada em diferentes ambientes da Serra equatoriana pelo Programa de Cultivos Andinos, demonstrando ampla adaptabilidade em áreas situadas entre 2400 e 3200 m de altitude, sendo recomendada ao cultivo em 1992. Nas condições andinas, apresenta 144 cm de altura de planta, 20 a 60 cm de comprimento da panícula, com ciclo de 150 a 210 dias, planta púrpura e panícula amarelo alaranjada, glomerulada, grão branco, tamanho de grão de 1,7 a 2,1 mm, baixo conteúdo de saponina (0,06%) e 15,73% de proteína., tolerância ao míldio, ligeiramente susceptível à seca e geadas, tolerância ao excesso de umidade e a granizo, com rendimento médio de 2.200 kg ha⁻¹ (NIETO, 1992)

Blanca Dulce de Jericó: procedente de Boyacá (Colômbia), é de porte alto, semitardío, com ramificação aberta desde a base e panícula de cor branca e rosada (SAÑUDO, 2005)

Priartal: é originaria da província do Carchi, norte de Equador. Planta de cor púrpura, pode chegar ate os 240 cm de altura e apresenta susceptibilidade ao míldio. O grão é branco opaco, de aproximadamente 2 mm de diâmetro (ÁLVAREZ; RUTTE., 1990).

Aurora: cultivar selecionado pela Faculdade de Ciências Agrícolas, Universidad de Nariño, com adaptação entre os 2300 e 3000 m de altitude. A variedade aurora é conceituada precoce, entre 85 e 140 dias . Seu porte é mais baixo que o da Tunkahuan, com um tamanho de 90 cm a 130 cm, sua produção esta entre 1800 e 2400 kg ha⁻¹ (SAÑUDO, 2005).

1.3 MATERIAL E MÉTODOS

1.3.1 Experimentação

Experimentos foram conduzidos em 2016 na fazenda Agua Limpa, Universidade de Brasília, realizando-se semeadura em julho para seleção de 11 progênies segundo características agronômicas de precocidade, rendimento e ausência de saponina. Em 2017 sementes das progênies selecionadas foram semeadas nas localidades de Ecoaldea Fundamor, Município de Santander de Quilichao, e Fazenda Prosperidad Município de Popayán, ambos no Departamento de Cauca-Colômbia.

1.3.2 Locais

1.3.2.1 Fazenda Água Limpa

Onze progênies de quinoa foram selecionadas em Brasília, Distrito Federal, Brasil (Fazenda Água Limpa, Universidade de Brasília), altitude de 1.100 m, nas coordenadas 15°56' S e 47°55' W. Essas progênies foram obtidas a partir de cruzamentos naturais entre a cultivar BRS Syetetuba e genótipos obtidos no Cerrado, à altitude média de 1.000 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado por um verão chuvoso, de outubro a abril, e inverno seco, de maio a setembro (KOTTEK; GRIESER, et al., 2006).

1.3.2.2 Fazenda Prosperidad

O primeiro ensaio foi desenvolvido a 2 km da cidade de Popayán em altitude de 1.850, com temperatura média de 19 °C, localizada a 2 ° 27 ' latitude Norte e 76 ° 37'18 "de longitude Oeste. Tem temperaturas máximas de 29 °C nos meses de julho, agosto e setembro e mínima de 10 °C , com precipitação media anual de 1.941 mm (POPAYÁN, 2016).

1.3.2.3 Ecoaldea Fundamor Mandivá

O segundo ensaio foi desenvolvido na Ecoaldea Fundamor Mandivá, no município de Santander de Quilichao-Colômbia, localizado em altitude de 1100 m, latitude Norte de 3° 0' 30" e 76° 29' 2" de longitude Oeste. Tem temperaturas medias de 26°C. (QUILICHAO, 2016)

1.3.3 Desenho Experimental

Os experimentos foram conduzidos em blocos ao acaso com parcelas subdivididas. As parcelas foram compostas por 11 genótipos selecionados de BRS Syetetuba procedente do Brasil, e quatro genótipos comerciais, dois procedentes da Colômbia: variedade Blanca Dulce

de Jerico e Aurora, e dois procedentes do Equador denominadas Tunkahuan e Priartal. Cada parcela subdividiu-se em duas densidades, uma de 0,6 m entre fileiras e 0,3 m entre plantas e a outra de sementeira continua e 0,6 entre fileiras, com densidade de 400.000 plantas ha⁻¹. O programa utilizado para a análise estatística foi GENES.

1.3.4 Áreas experimentais

A área experimental para o ensaio foi dividida em dois locais entre os 1100 e 1850 m, as quais são de 41 m x 23 m para área total de 943 m², dividida em oito blocos de 41 m x 3 m com área por bloco de 123 m², cada bloco composto por 15 parcelas de 2,0 m x 1,8 m separado por 1 m. Cada parcela foi constituída por fileiras de 2,0 m separados por 0,6 m, (como evidenciado na figura 1). A área útil das parcelas foi de 0,9 m².

1.3.5 Seleção de genótipos no Cerrado brasileiro

A seleção de genótipos BRS Syetetuba foi realizada objetivando-se precocidade segundo a classificação de (WAHLI, 1990). Progênies de plantas precoces foram semeadas na Fazenda Água Limpa, FAL, em 06 de julho de 2016. O plantio foi estabelecido em 20 fileiras com 3 m de comprimento, separadas a 0,5 m; a adubação foi feita segundo a recomendação de (SPEHAR, 2007), com 20 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 30 kg ha⁻¹ de fosforo e 30 kg ha⁻¹ de potássio, por tonelada de grãos. No mês de novembro foi realizada a colheita e a seleção das progênies, com variações em cor do grão, cor, tamanho e morfologia da panícula (fechada ou aberta), tamanho e morfologia da planta (com ramos e sem ramos).

Os genótipos avaliados na Colômbia foram adquiridos no Departamento de Nariño, semeadas em altitudes superiores aos 2200 m.

1.3.6 Amostragem de Solo

Para os dois locais de experimentação foram tomadas dez sub amostras para análises físico-químicas, Os solos do município de Popayán e Santander de Quilichao, situam-se entre 1000 e 2000 m de altitude . Os materiais de origem são arenitos, andesitas, colúvios, diabásio, aluviões, cinzas e fluxos vulcânicos, quartzodiorita, argilas, conglomerados vulcânicos, esquistos, tobas e granitos. A natureza da fracção argila está dominada por alofanos, adicionados de montmorilonita, caulinita e vermiculita; na fracção areia encontra-se vidro vulcânico, opacos e minerais intemperizáveis como anfíbolos, micas e piroxenos. A capacidade de troca catiônica apresenta valores elevados (acima de 21, 53) com valor mínimo de 0.4(muito baixo). Os pH é de 5.38 com valor máximo de 7.3 e mínimo de 4.5. A

percentagem de argila média dos solos desta faixa altitudinal é de 24.58, valores máximos de 42.10 e valores mínimos de 10%. A saturação por bases varia de 40,4 (média), 90,6 (alta) e 11 (muito baixa). Os conteúdos de matéria orgânica variam de 3,5 (alto) a 17,1 (muito alto), com mínimo de 0.6 (baixo) (IDEAM, 1999).

Tabela 2: Resultado da análise de solo da área experimental nos locais avaliados. Profundidade de 0-20 cm.

Area	pH	MO	P	Sat Al	Al	Ca	Mg	K	Na	CICe
		%	(mg kg ⁻¹)	(%)				(cmol _c)		
Ecoaldea	4,87	2,42	2,2	61,11	2,20	1,95	0,85	0,25	0,55	3,60
Popayán	5,38	4,53	1,5	4,46	0,20	2,55	1,15	0,23	0,35	4,28

Solo franco argiloso

Evidencia de Cinzas Vulcânicas: **Si**

Análise de solo da Fundação Ecoladea Fundamor (1100m) e Fazenda Prosperidad (1850).

1.3.7 Temperatura e precipitação

Fazenda a Prosperidad (1850 m)

O local apresenta clima tropical com precipitações anuais significativas de 2040 mm. A classificação do clima de Köppen-Geiger é Cfb, a temperatura média é 17.8 °C. O mês mais seco é julho, com 50 mm de chuva. A maior parte da precipitação ocorre em novembro com médias de 315 mm. Agosto é o mês mais quente do ano, com media de 18,2 ° C, enquanto Junho é o mês mais frio, com média de 17.5 °C. Há uma diferença de 265 mm de precipitação entre os meses mais secos e os mais húmidos. Ao longo do ano, as temperaturas variam em 0.7 ° C (CLIMATE-DATA.ORG, 2017).

Os dados da temperatura e precipitação (tabela 3 e 4), foram tomados pelos registros da estação climatológica da (FUNDAÇÃO PROCUENCA RIO LAS PIEDRAS DO MUNICÍPIO DE POPAYÁN) localizada 400 metros do lugar de experimentação, , ademais foram considerados os dados de estação climatológica do Aeroporto Guillermo León Valencia da cidade de Popayán.

Fundação Ecoaldea Fundamor (1100 m)

A região apresenta clima tropical, classificado por Köppen-Geiger como Af, com temperatura média anual é de 23.2 °C, precipitação anual de 1992 mm. A menor quantidade

de chuva ocorre em julho com média de 72 mm e a maior quantidade de precipitação ocorre em outubro com média de 263 mm. As temperaturas médias são mais altas em março ao redor de 23.6 °C. No mês de novembro as temperaturas podem baixar até os 22.8 °C. A variação na precipitação entre os meses mais secos e mais úmidos é 191 mm, e a variação nas temperaturas durante todo o ano é 0.8 °C. (CLIMATE-DATA.ORG, 2017).

Os dados da temperatura e precipitação foram tomados pelos registros da estação climatológica do (Centro de Investigación de La Caña de Azúcar de Colombia- Cenicaña 2017).

1.3.8 Semeadura das áreas experimentais

Fazenda Prosperidad (1850 m).

O solo foi preparado 30 dias antes da semeadura, depois da aplicação de fertilizante orgânico calcário. A quantidade, 02 t ha⁻¹ foi calculada segundo análises de solo e as recomendações; antes do plantio foram preparados sulcos de semeadura a 30 cm de profundidade para otimizar o desenvolvimento radicular.

A semeadura foi realizada em 09 de março de 2017, período de alta precipitação. Esta semeadura apresentou duas metodologias; a primeira (T1) a distância de 30 cm x 60 cm, onde foram semeadas cinco sementes por cova, deixando-se três para avaliação.

O segundo tratamento (T2), constituiu semeadura em sulco, com 50 sementes viáveis/m, objetivando estande final de 30 plantas. Em ambos os tratamentos foram utilizadas quatro repetições, colhendo-se entre 13 de junho e 15 de julho para as mais tardias.

Fundação Ecoaldea Fundamor (1100 m)

Neste local, a 1100m de altitude, a correção, o preparo do solo e a limpeza do terreno foram realizados da mesma forma que no local anterior 30 dias antes da semeadura, A semeadura foi realizada em 11 de março de 2017, período de alta precipitação. Os tratamentos foram semelhantes ao descrito para a primeira localidade, realizando-se colheita entre 9 de junho e 4 de julho.

1.3.9 Manejo do plantio

Nos dois locais, realizou-se controle das plantas daninhas de forma manual sem a utilização de herbicidas, foram deixados resíduos orgânicos como cobertura vegetal.

Colheita

A colheita realizou-se de acordo à maturidade fisiológica de cada progênie entre junho e julho de 2017. Cortaram-se todas as plantas dos sulcos centrais de todas as parcelas, descartando-se os primeiros 25 cm da cada borda. O corte foi rente ao solo, para a pesagem da planta inteira, foram separadas em sacolas de polipropileno.



Figura 1. Processo de colheita. A: Colheita. B: Processo de armazenamento.

Fonte: Wilson Anchico Jojoa, 2018.

Trilha

Depois de secas as plantas, realizou-se a trilha mecânica com a trilhadora de quinoa (ZUTA), fabricada no Departamento de Nariño.



Figura 2. Processo de trilha. A: Trilhadora de quinoa Zuta. B: Quinoa no processo de trilha

Fonte: Wilson Anchico Jojoa, 2018.

Limpeza

As sementes foram ventiladas depois da trilha a fim de eliminar todas as folhas, pedras e restos vegetais indesejados.



Figura 3. Processo de limpeza.

Fonte: Wilson Anchico Jojoa, 2018.

Armazenamento

As sementes de cada parcela foram acondicionadas em sacolas, transferidas para caixas de papelão e armazenadas em câmara fria a 10°C, com umidade em torno de 12% em embalagens herméticas para manter a germinação por longos períodos, além de prevenir pragas de grãos armazenados (Figura 4) (SPEHAR et al., 2007).



Figura 4. Armazenamento de sementes.

Fonte: Wilson Anchico Jojoa, 2018.

1.3.10 Avaliações

Fenologia

Após a semeadura, foram realizadas observações diárias das parcelas, devidamente registradas por fotos. Foram anotados os números de dias que as plantas iniciaram e culminaram a cada fase fenológica, os quais foram quando 50 % das plantas dos sulcos

centrais da cada parcela iniciaram e finalizaram cada fase. Finalmente, com toda a informação registrada se elaborou um banco de dados para cada repetição com as quais se realizou a análise estatística no programa GENES.

Para as avaliações fenológicas foram incluídas quatro fases de desenvolvimento do cultivo: número de dias para à emergência (50 % das plantas germinadas); número de dias para à formação da panícula (50% das plantas com panícula primordial); número dias à floração (mais de 50% das plantas com flores); número de dias para à maturação fisiológica (desde a emergência até mais de 50% das plantas apresentando sementes de consistência farinhosa).

Determinação das unidades de calor ou somatória térmica

Realizou-se a tomada de temperaturas diárias com os registros das estações meteorológicas mais próximas de cada um dos locais de experimentação.

Na Fazenda Prosperidade utilizaram-se dados de temperatura da “Fundação Procuena Rio las Piedras do Município de Popayán” e da estação meteorológica do Aeroporto Guillermo León Valencia. Na Ecoaldea Fundamor utilizaram-se dados meteorológicos do “Centro de Investigación de la Caña de Azucar de Colômbia-CENICAÑA”, complementados por avaliações em campo com ajuda de um termómetro de mercúrio (Brixco).

O cálculo para a somatória térmica da quinoa considera temperatura base de 3,1 °C, (temperatura base citada, para variedades andinas) (BERTERO, 2003). Ainda que, em algumas pesquisas desenvolvidas na costa Peruana levassem em conta temperatura base de 7 °C por ser a temperatura mínima média do Altiplano Peruano- Boliviano.

A somatória grãos dia foi feita para quatro estádios fenológicos do ciclo da quinoa i) Emergência ii) Formação da panícula principal iii) Floração iv) Maturação fisiológica, utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{Equação 1: } GD_i = T_{med\ i} - T_b$$

Onde GD_i é o número de graus-dia acumulados no dia i , $T_{med\ i}$ é a temperatura média diária do dia i , e T_b é a temperatura base. A Soma térmica (ST), foi calculada pela expressão

$$\text{Equação 2: } ST = \sum_{i=1}^n GD_i$$

Onde n é o número de dias até cada uma das fases fenológicas avaliadas.

1.3.11 Avaliações de rendimento

Altura das plantas: distância em centímetros, do nível do solo até o ápice da inflorescência de 10 plantas amostradas ao acaso por parcela, antes da colheita do experimento, enquanto nos demais por visada da altura média das plantas com auxílio de trena colocada no centro da parcela;

Comprimento da panícula: utilizaram-se 10 plantas para avaliação das panículas medidas do ápice da panícula principal até a base da inserção. Os resultados foram expressos em cm panícula⁻¹;

Peso de sementes: depois de secas em ambiente natural, sombreado e ventilado as panículas foram submetidas à debulha mecânica, limpando-se as sementes com auxílio de peneiras e ventilador, mantendo-as em sacos de papel. Antes da pesagem foi determinado o teor de água, corrigindo-se para 13 %. A massa dos grãos pesada com auxílio de balança de precisão a 0,001g e os resultados expressos em gramas planta⁻¹;

Rendimento de matéria seca: as plantas cortadas na sua base foram acondicionadas em sacos de polipropileno trançado mantidos abertos e dependurados, acima do piso, até atingirem peso constante, avaliados por pesagens amostrais de toda a parte aérea, com valores extrapolados para t ha⁻¹

Índice de Colheita (IC): o índice de colheita foi determinado dividindo a produção de grãos planta⁻¹ pela produção de fitomassa planta⁻¹ (massa seca das plantas) acima do solo:

Equação 3:

$$IC = \frac{\text{produção de grãos}}{\text{produção de fitomassa}} 100$$

Peso de 1000 grãos e rendimento: para esta avaliação utilizou-se metodologia definida para quinoa (SOUZA et al., 2017). Avaliando-se oito repetições de 100 sementes. Como o peso de mil sementes da amostra varia de acordo com o teor de água, mediu-se o teor umidade, contando-se ao acaso 100 sementes com oito repetições. Em seguida as sementes de cada repetição são pesadas em balança de precisão 0,001g. A avaliação foi desenvolvida com as oito repetições de 100 sementes, calculando-se a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos:

Equação 4:

$$\text{variância} = \frac{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

Onde: x = peso de cada repetição

n = número de repetições

Σ = somatório

Equação 5:

$$\text{desvio Padrão (S)} = \sqrt{\text{Variância}}$$

$$\text{Coeficiente de Variação (CV)} = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

Onde: \bar{x} = peso médio de 100 sementes.

O resultado da determinação foi calculado multiplicando-se por 10 o peso médio obtido para coeficiente de variação abaixo de 4%.

Rendimento: após da colheita da área útil (0,9 m²), realizou-se a debulha, o material foi submetido à ventilação para separar impurezas, posteriormente os grãos foram pesados e os resultados expressos em gramas. Esta determinação foi realizada com a seguinte formula:

Equação 6:

$$\text{Kg h}^{-1} = \frac{\text{peso parcela útil} \times 10.000\text{m}^2}{\text{Área parcela útil m}^2}$$

1.4 RESULTADOS

Os resultados se apresentam tendo em conta os objetivos planejados no projeto de dissertação.

É importante ressaltar que os resultados foram obtidos e analisados para 14 genótipos de 15 sementes, já que, o genótipo Blanca Dulce de Jerico não apresentou boa germinação nos dois locais.

Fundação Ecoaldeia Fundamor (1100 m de altitude)

Na Ecoaldeia Fundamor a temperatura no tempo de experimentação apresentou média de 24 °C e precipitação de 726,8 mm, (figuras 5 e 6).

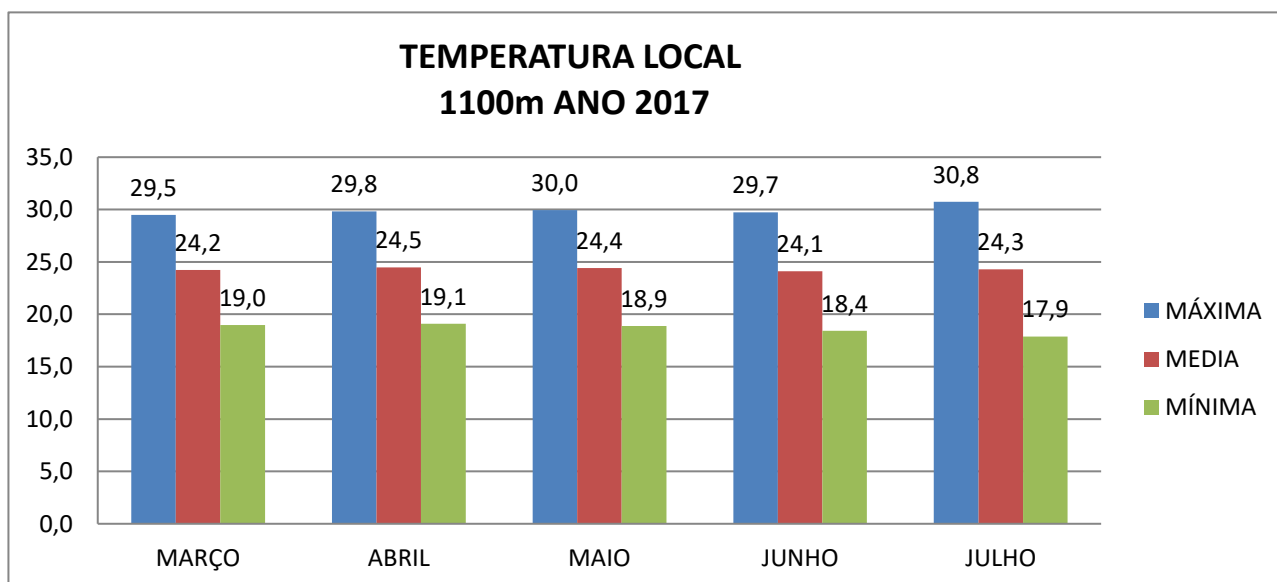


Figura 5. Temperatura máxima, média e mínima durante a execução do experimento no ano 2017.

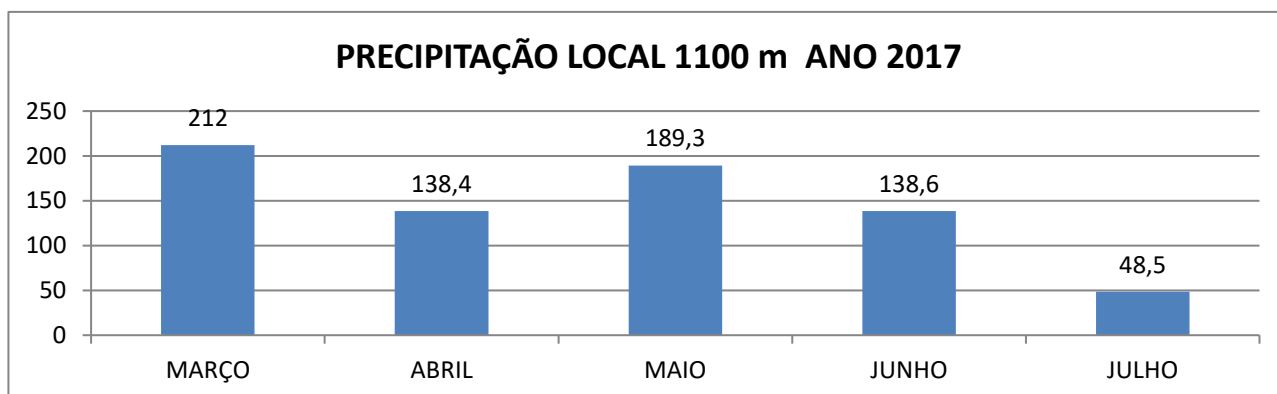


Figura 6. Precipitação em mm durante a execução dos experimentos nos anos 2017.

Para os 14 genótipos de quinoa que tiveram produção de sementes nas condições dos 1100 m e 1850 m de altitude durante os meses de março e junho de 2017, se calcularam os dias transcorridos e a acumulação térmica desde a semeadura até a maturação fisiológica, tendo em conta mais do 50% das plantas com o ciclo terminado. Na tabela 2 se apresentam os resultados da duração das fases fenológicas.

Tabela 3. Valores médios de número de dias e acumulação térmica da Emergência (E), Formação de panícula (FP), Floração (FL) e Maturação Fisiológica (MF), em experimento realizado na Fundação Ecoaldea Fundamor (1100m). Brasília, DF, 2018.

Tratamento	E		FP		FL		MF	
	Dias	C°d	Dias	C°d	Dias	C°d	Dias	C°d
BRQ 1	4a	80,33a	41a	873,08a	49a	1053a	92a	1967,79 ^a
BRQ 2	4a	80,33a	45bc	964bc	55b	1172b	103bc	2186,23bc
BRQ 3	4a	80,33a	47c	1002,71c	52ab	114ab	95ab	2030,20ab
BRQ 4	4a	80,33a	41a	873,22a	49a	1053a	91a	1936,59 ^a
BRQ 5	4a	80,33a	45bc	955,24bc	54b	1151b	103bc	2186,23bc
BRQ 6	4a	80,33a	47c	1003,18c	55b	1172b	103bc	2186,23bc
BRQ 7	4a	80,33a	45bc	957,6bc	53b	1138b	103bc	2186,23bc
BRQ 8	4a	80,33a	46bc	979,26bc	54b	1151b	109cd	2325,15cd
BRQ 9	4a	80,33a	46bc	979,26bc	55b	1172b	116d	2464d
BRQ 10	4a	80,33a	45bc	968,98bc	54b	1151b	111d	2359,89d
BRQ 11	4a	80,33a	44ab	931,28ab	54b	1151b	109cd	2325,15cd
AURORA	4a	80,33a	41a	877,97a	49a	1053a	94a	2002,51a
TUNKAHUAN	4a	80,33a	44ab	929,96ab	54b	1151b	113d	2394,61d
PRIARTAL	4a	80,33a	46bc	975,84bc	54b	1151b	111d	2359,88d
Média geral	4	80,33	44.37	947,97	53	1132	104	2207.9
CV%	0,00	0,00	4.04	4.09	3.57	3.50	4.35	4.34

*Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Fundação Ecoaldea Fundamor (1100m), a media do tempo de emergência para as 14 genótipos que formaram grão foi de 4 dias com acumulação térmica de 80,33 C°d. Tendo em conta que os dias foram iguais para todas as progênies não houve diferença significativa quando comparados com o teste de Tukey (tabela 3).

A media para floração foi de 53 dias e a somatória térmica foi de 1132,22 C°d, com media diária de 21.33 C°d (tabela 3). Tiveram progênies mais precoces para esse estágio as quais mostraram diferenças significativas segundo o teste de Tukey. Entre elas se destacam como genótipos precoces (Aurora, BRQ4 e BRQ1), com 49 dias para cada, e acumulação térmica media de 1053,01 C°d. As progênies mais tardias à floração foram BRQ 2 e BRQ 6 com 55 dias cada, com temperaturas acumuladas de 1172 C°d, como evidenciado na tabela 3. A maturação fisiológica foi de 104 dias e a somatória térmica foi de 2207,91 C°d, com media diária de 21,24 C°d. As progênies mais precoces foram três, duas selecionadas de BRS Syetetuba (BRQ4 e BRQ1) e uma de origem colombiana (Aurora). As duas primeiras tiveram um ciclo total de produção de 91 e 92 dias respectivamente, com somatória térmica de 1936.58 C°d e 1967.78 C°d. A progênie Aurora teve um ciclo de produção de 94 dias, com acumulação térmica total de 2002.51 C°d (tabela 3). Esses genótipos precoces mostraram diferenças significativas segundo o teste de Tukey quando comparadas com as progênies tardias. Entre as progênies tardias se destacam; Priartal, com 111 dias e 2339.55 C°d, e Tunkahuan com 112 dias e 2374 C°d. Entre as progênies tardias selecionadas a partir da BRQ Syetetuba se destacam BRQ 10 com 111 dias e 2359.88 C°d e BRQ9 com 116 dias e 2464.08 C°d, como evidenciado na tabela 3.

Fazenda Prosperidad (1850m de altitude).

Na fazenda Prosperidad a media de temperatura durante o processo de experimentação foi 19,12 °C e a precipitação foi de 1096 mm (Figuras 7 e 8).

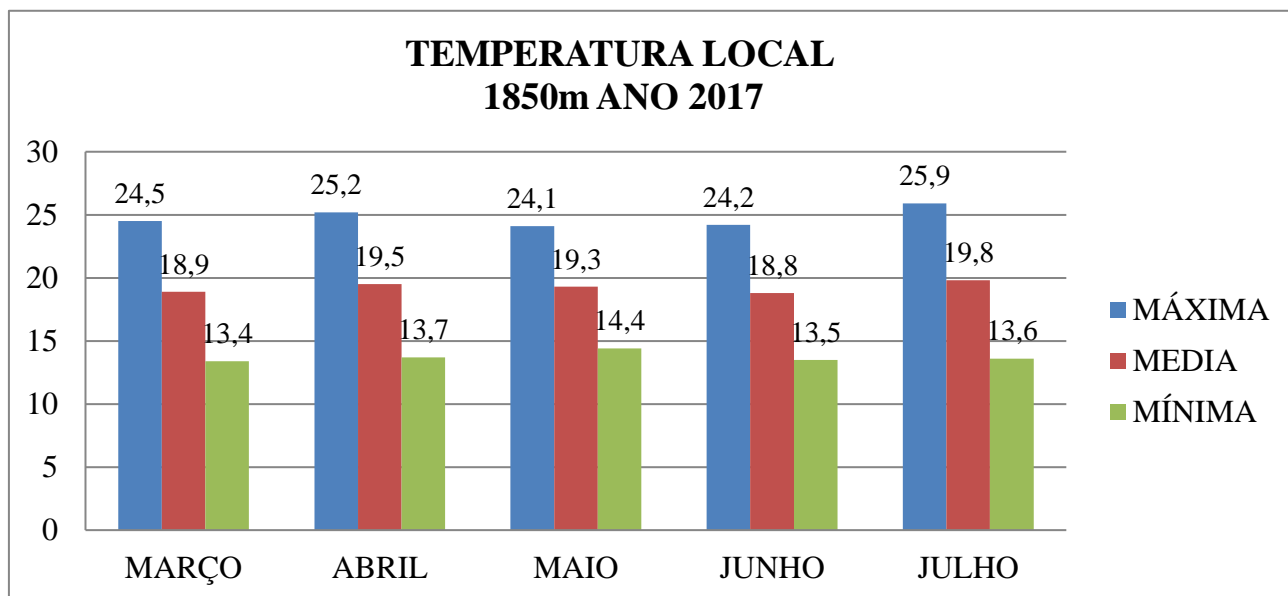


Figura 7. Temperatura máxima, média e mínima durante a execução do experimento no ano 2017.

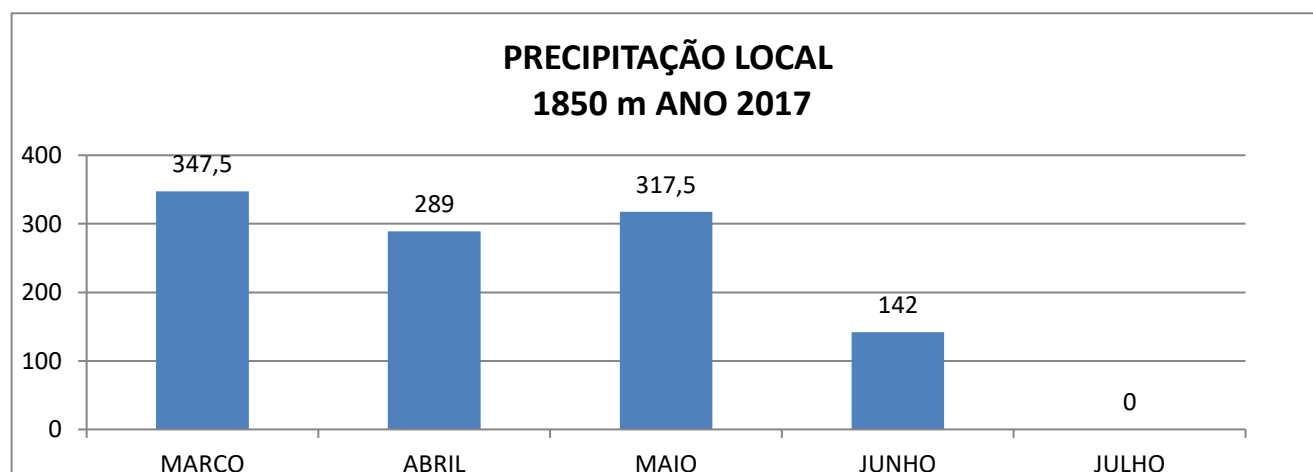


Figura 8. Precipitação em mm durante a execução dos experimentos no ano 2017

Na Fazenda Prosperidad (1850 m), a emergência ocorreu com 6 dias e a media de acumulação térmica de 97,9 C°d sem diferença significativa para os tratamentos pelo teste de Tukey (tabela 4).

Tabela 4. Valores médios para número de dias e acumulação térmica de Emergência (E), Formação de panícula (FP), Floração (FL) e Maturação Fisiológica (MF), em experimento realizado na Fazenda Prosperidad (1850m). Brasília, DF, 2018.

Tratamento	E		FP		FL		MF	
	Dias	C°d	Dias	C°d	Dias	C°d	Dias	C°d
BRQ 1	6a	97,9a	52a	1117a	60ab	1253ab	99a	1881a
BRQ 2	6a	97,9a	58cd	1214cd	71fgh	1440gh	127c	2329c
BRQ 3	6a	97,9a	59d	1224cd	72h	1457h	127c	2329c
BRQ 4	6a	97,9a	54ab	1151ab	66cde	1335cde	104ab	1959ab
BRQ 5	6a	97,9a	57bcd	1196bcd	68defg	1363cdef	127c	2329c
BRQ 6	6a	97,9a	60d	1245d	71fgh	1440fgh	127c	2329c
BRQ 7	6a	97,9a	57bcd	1196bcd	69efgh	1387efg	127c	2329c
BRQ 8	6a	97,9a	55abc	1162abc	64bc	1299abc	110b	2051b
BRQ 9	6a	97,9a	58cd	1214cd	69efgh	1387efg	127c	2329c
BRQ 10	6a	97,9a	58cd	1214cd	69efgh	1387efg	127c	2329c
BRQ 11	6a	97,9a	57bcd	1196bcd	67cdef	1357cdef	123c	2259c
AURORA	6a	97,9a	52a	1112a	59a	1235a	100a	1899 ^a
TUNKAHUAN	6a	97,9a	57bcd	1196bcd	68defg	1363cdef	125c	2294c
PRIARTAL	6a	97,9a	57bcd	1196bcd	65cd	1313bcd	109b	2030b
Média geral	6	97,9a	56.5	1189	67,27	1357,18	118.4	2191
CV%	0,00	0,00	3,88	3.08	2.80	2.80	3.26	2.84

*Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Fazenda Prosperidad, com 1850 m de altitude a media para floração foi de 67,27 dias e a somatória térmica foi de 1357,18 C°d, com media de 20,18 C°d. Nesse local também foi evidenciado diferencias significativas pelo teste de Tukey entre progênies. O genótipo Aurora e BRQ 1 foram as mais precoces com 59.5 e 60.5 dias respectivamente e acumulação térmica de 1235.3 Cd° e 1252.75 Cd°. As progênies BRQ6, BRQ2 e BRQ3 foram as mais tardias com 71, 71 e 72 dias, e acumulação térmica de 1440, 1440 e 1457 Cd° respectivamente (tabela 4). Entretanto a media para maduras fisiológica foi de 118,49 dias e a somatória térmica foi de 2191,08C°d, com media de 18,49 C°d. Neste local encontrou-se precocidade nas mesmas progênies do local dos 1100 m. Entre as quais se destacam BRQ1, BRQ4 e Aurora. As duas primeiras tiveram um ciclo total de desenvolvimento de 99 e 104 dias respectivamente, com somatória térmica de 1881.51 C°d e 1959 C°d. A progênie Aurora teve um ciclo de 100 dias, com acumulação térmica total de 1899.33 C°d. Essas progênies

precoces mostraram diferenças significativas segundo o teste de Tukey quando comparadas com as progênies tardias. Entre as progênies tardias se destacam BRQ2, BRQ3, BRQ5, BRQ6, BRQ7, BRQ9, BRQ10, com 127 dias de ciclo produtivo e 2329 C°d (tabela 4).

Testes de agrupamento para genótipos, locais e tipos de semeadura

No processo de seleção no Brasil feito no ano 2016, se priorizou características do ciclo da planta como desenvolvimento tardio, mediano e precoce, o mesmo aconteceu na seleção das progênies comerciais da Colômbia. Os resultados desta seleção foram evidenciados na formação de panícula para os dois locais.

Os genótipos avaliados tiveram diferença significativa na acumulação térmica à formação de panícula segundo o teste F a 1 e 5% de probabilidade (tabela 5) . Os genótipos com maior precocidade foram Aurora (971.51 C°d), BRQ1 (976.87 C°d) e BRQ4 (993.61 C°d). Os mais tardios foram BRQ 3 (1094.86 C°d), BRQ 6 (1105.68 C°d) e BRQ 9 (1078.23 C°d) (tabela 5).

Tabela 5. Teste de agrupamento de medias dos genótipos nos locais e tipos de semeadura para número de dias e acumulação térmica de Formação de panícula (FP), Floração (FL) e Matures Fisiológica (MF). Brasília, DF, 2018.

Tratamento	FP		FL		MF	
	Dias	C°d	Dias	C°d	Dias	C°d
BRQ 1	46,37 a	976,87 b	55,06c	1137,70b	95,87c	1906,28c
BRQ 2	51,62 a	1070,73a	63,18a	1287,71a	115, a	2239,15b
BRQ 3	52,87a	1094,86a	62,5 a	1266,85a	111,25b	2161,13b
BRQ 4	47,43a	993,61b	57,75b	1174,95b	97,56c	1929,28c
BRQ 5	51,18a	1062,46a	61,06a	1238,78a	115,a	2239,15b
BRQ 6	53,37a	1105,68a	62,93a	1277,9a	115,a	2239,15b
BRQ 7	52 a	1060,48a	61,37a	1242,30a	115,a	2239,15b
BRQ 8	50,31 a	1052,37a	59,12a	1211,90a	109,68b	2169,53b
BRQ 9	52 a	1078,23a	62,312a	1261,35a	121,5a	2378,07a
BRQ 10	51,93a	1076,10a	61,93a	1253,61a	119,06a	2325,97a
BRQ 11	50,12 a	1042,38a	60,56a	1235,91a	116,12a	2273,95a
AURORA	46,12a	971,51b	54,31c	1123,51b	97,25c	1932,56c
TUNKAHUAN	50,31 a	1044,76a	61,25a	1243,48a	118,812a	2326,01a
PRIARTAL	51,37 a	1067,95a	59,25a	1212,70a	109,87b	2176,45b
Média geral	50,50	1049,86	60,19	1226,34	111,10	2181,13
CV%	4,55	3,95	4,65	4,06	7,65	7,01

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Valores médios dos locais e tipos de semeadura para número de dias e acumulação térmica de Formação de panícula (FP), Floração (FL) e Matures Fisiológica (MF). Brasília, DF, 2018.

Tratamento	FP		FL		MF	
	Dias	C°d	Dias	C°d	Dias	C°d
TRA 1	65,87 a	1177,35 a	68,10 a	1348,86 a	119,5 a	2190,92 a
TRA 2	56,23 a	1168,17 a	66,44 a	1332,69 a	117,48 a	2158,44 a
TRA 3	44,82 a	936,53 b	53,98 b	1130,35 b	106,0 b	2231,48 a
TRA 4	43,92 a	917,37 b	52,21 b	1093,43 b	101,87 b	2143,68 a

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²TRA 1: local (1850m) + semeadura por cova; TRA 2: local (1850m) + semeadura por sulco; TRA 3: local (1100m) + semeadura por cova; TRA 4: local (1100m) + semeadura por sulco

Foi possível observar que existem diferenças estatísticas entre os tratamentos (local/semeadura) pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, onde a maior precocidade para formação de panícula foi no local dos 1100m e semeadura por sulco, com média de 917.37 C°d. A mais tardia foi no local dos 1850 m e semeadura por cova ou espaçamento com média de 1177.35 C°d, (tabela 6).

A floração nos locais de experimentação apresentou diferença significativa entre progênies e altitudes, sendo mais rápida (Dias) para o local com menor altitude, ainda para as progênies mais tardias. Para essa análise foi considerado as progênies com mais do 50 % das plantas em processo de floração (tabela 5)

Segundo os resultados de tempo e temperatura para floração, houve diferenças significativas quando comparados os dois locais. No local de 1100 m de altitude os genótipos mostraram maior rapidez com 14 dias de diferença com as testadas no local de 1850 m, a temperatura acumulada evidenciou diferença média de 224,96 Cd°. As progênies Aurora, BRQ1 e BRQ4, foram as mais precoces para os dois locais, com 11 dias de diferença e acumulação térmica (137 Cd°). As progênies mais tardias foram BRQ6 e BRQ2 nos dois locais, onde houve diferença média de 16 dias e 251 Cd°.

Na maturação fisiológica logrou-se identificar definitivamente as progênies de ciclo precoce, meio e tardio para os dois locais, mas o ciclo foi precoce para todas as progênies quando comparadas com os tempos de produção nas regiões altas da Colômbia.

Na agrupação dos genótipos pelo teste de Scott e Knott, evidenciaram-se diferenças significativas. Além as progênies mais precoces e tardias foram as mesmas para os dois locais (tabela 5).

Segundo os resultados de acumulação térmica para maturação fisiológica, não houve diferenças significativas segundo o teste Tukey, quando comparados os dois locais e tipos de semeadura. Os valores da acumulação térmica estiveram entre 2231.48 C°d e 2143.6 C°d, (tabela 6).

Quando comparados os tratamentos (Local/Semeadura), a maior precocidade foi para o local dos 1100m e semeadura por sulco com média de 1093.43 Cd°. As mais tardias se apresentaram no local de 1850m e semeadura por cova, com média de 1348.86 Cd°, (tabela 6).

As análises de variância para a característica de altura de plantas, permitiram verificar diferenças estatísticas pelo teste F a 1 e a 5% de probabilidade, observando a média dos genótipos. Dessa forma, é possível verificar que pelo menos um par de genótipos apresentou diferenças de comportamento quando considerado a característica de altura de plantas (tabela 7). O resultado da análise de variância para as características de altura de plantas em relação a os diferentes locais e semeaduras mostraram que houve diferenças significativas entre eles, como evidenciando na tabela 8, onde a maior altura se apresentou no local dos 1100m.

Tabela 7. Teste de agrupamento de medias para genótipos nos locais e tipos de sementeira para características de rendimento: altura de plantas (HP, cm), comprimento da panícula (CP, cm), produção de massa seca (RMS, t ha⁻¹), rendimento de grãos (RG, t ha⁻¹), índice de colheita (IC, %), peso de mil sementes (PM, g/1.000). Brasília, DF, 2018.

Tratamento	HP	CP	RG	RMS	IC	PM
BRQ 1	106,5156 a	26,1563a	1895,8331c	6526,39 c	29,7013 a	2,6819 a
BRQ 2	130,7063 a	29,5931a	1895,8325c	7578,24 b	24,9675 b	2,5081 a
BRQ 3	141,5294 a	32,1031a	1576,39 d	7458,3313 b	21,2113 c	2,4494 a
BRQ 4	121,7896 a	28,7875a	2043,055 b	7374,9988 b	27,8313a	2,4769 a
BRQ 5	127,4094 a	29,775a	1971,2969c	8086,5731a	24,8556 b	2,4419 a
BRQ 6	131,9394 a	30,7663a	1944,4431c	7840,2781b	26,5806 b	2,5919 a
BRQ 7	129,0481 a	29,3719a	1784,7225 c	6796,2963c	26,0206 b	2,5481 a
BRQ 8	145,0288 a	34,1844a	2283,3319 a	8169,9081a	27,8313a	2,5169 a
BRQ 9	131,675 a	26,9125a	1446,7606 d	6389,8156 c	21,3144 c	2,5169 a
BRQ 10	135,0838 a	30,5306a	1553,2413d	6791,6669 c	23,3481c	2,5431 a
BRQ 11	134,0688 a	27,9375a	1868,0563 c	6426,8519 c	29,1494a	2,3919 a
AURORA	123,2088 a	34,9231a	2121,2956 b	8625,0006 a	24,3688 b	2,35 a
TUNKAHUAN	134,485 a	34,3913a	1318,0556 d	7163,4263 c	18,8963d	2,0294 b
PRIARTAL	138,6 a	35,0625a	1539,3506 d	8091,2044 a	18,125d	2,1594 b
Média geral	130,79	30,75	1802,98	7379,93	24,59	2,44
CV%	7,24	9,66	15,42	9,79	14,79	6,99

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade.

Também pode-se observar que as análises com o teste de Scott e Knott para comprimento da panícula não mostraram diferenças significativas entre os genótipos, mais tem-se tendência de maior comprimento da panícula nos genótipos 8, Aurora e Priartal. Os menores dados se apresentaram para BRQ 1 e BRQ 9.

Quando comparados os resultados de comprimento da panícula para os genótipos nos dois locais segundo o teste de F a 1 e 5% de probabilidade, não se encontrou diferenças significativas entre eles (tabela 7). Embora aos resultados evidenciados nas comparações dos locais e tipos de semeadura onde foram evidenciadas as diferenças significativas segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade (tabela 8). Onde se observou que os melhores resultados para comprimento da panícula se apresentam na Ecoaldea Fundamor (1100m) e semeadura por cova ou espaçamento (tabela 8).

Tabela 8. Valores médios dos locais e tipos de semeadura para características de rendimento: altura de plantas (HP, cm), comprimento da panícula (CP,cm), produção de massa seca (RMS, t ha⁻¹), rendimento de sementes (RG, t ha⁻¹), índice de colheita (IC, %), peso de mil sementes (PM, g/1.000). Brasília, DF, 2018.

Tratamento	HP	CP	RG	RMS	IC	PM
TRA 1	117,70a	27,59a	1554,36c	6205,02b	25,08b	2,60 ^a
TRA 2	119,17a	25,88a	2371,56 ^a	8184,65a	29,49a	2,62 ^a
TRA 3	144,50a	35,70a	1325,66c	5928,57b	22,30b	2,27b
TRA 4	141,781a	33,81a	1960,31b	9201,45a	21,37b	2,26b

¹Médias seguidas pelas mesmas letras, em cada coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

²TRA 1: local (1850m) + semeadura por cova; TRA 2: local (1850m) + semeadura por sulco, TRA 3: local (1100m) + semeadura por cova; TRA 4: local (1100m) + semeadura por sulco

O rendimento de massa seca apresentou resultados que vão desde os 6796 Kg até os 8625 kg, onde os maiores resultados foram para os genótipos Aurora (8625 Kg) e BRQ 8 (8169.9 Kg). Os menores resultados foram para os genótipos BRQ 11 (6426.8 Kg) e BRQ 9 (6389.8 Kg). Houve diferenças significativas para o agrupamento dos genótipos segundo o teste de Scott e Knott (tabela 7). Além a análises de variância demonstrou que segundo o teste F houve diferenças estatísticas para os genótipos, locais e tipos de semeadura (tabela 10). Os

maiores resultados se obtiveram no local Ecoaldea Fundamor 1100m e semeadura por cova ou espaçamento (tabela 8).

O rendimento de grãos/sementes, apresentou diferenças estatísticas segundo o teste de Scott e Knott para os genótipos, com valores que estão entre 2283.33 Kg e 1318.05 Kg. O genótipo BRQ 8 procedente da cultivar BRS Syetetuba revelou os maiores resultados com 2283.33 Kg. Igualmente o genótipo Aurora procedente da Universidad de Nariño – Colômbia apresentou alto rendimento com 2121.29 Kg (tabela 7). Na análises de agrupamento para local e tipo de semeadura também se evidenciou diferença significativa onde os maiores resultados se obtiveram na Fazenda Prosperidade (1850m) e semeadura por sulco. Os menores resultados se apresentaram na Ecoaldea Fundamor (1100m) e semeadura por cova ou espaçamento (tabela 8).

O índice de colheita teve variação de 29.70 % ate 18.12%. Onde os genótipos BRQ 1, BRQ 11, BRQ 4 e BRQ 8 apresentaram os maiores valores. Os genótipos Tunkahuan e Priartal mostraram os menores valores com diferenças significativas segundo o teste de Scott e Knott (tabela 7).

Os resultados para o peso das sementes evidenciou que teve diferença significativa entre genótipos com valores que vão deste 2.6819 g ate 2.029 g. Os maiores resultados foram obtidos por os genótipos BRQ 1, 6,7,9,10 e 8. Os genótipos Priartal e Tunkahuan tiveram os menores pesos com 2.15 g e 2.02 g respectivamente (tabela 7). O análises de agrupamento de locais e tipos de semeadura evidenciaram que houve diferença significativa, onde os melhores resultados foram para o local da Fazenda Prosperidade e os dois tipos de semeadura (tabela 8).

Para entender melhor as relações entre as características agronômicas no experimento foram efetuados análises de correlação, tendo em conta caracteres como: altura de plantas (HP, cm), comprimento da panícula (CP,cm), produção de massa seca (RMS, t ha⁻¹), rendimento de sementes (RG, t ha⁻¹), índice de colheita (IC, %), peso de mil sementes (PM, g/1.000), número de dias e acumulação térmica de Formação de panícula (FP), Floração (FL) e Matures Fisiológica (MF).

Segundo as análises de correlação para os genótipos tem-se observado que a característica de altura de plantas tem relação positiva com o comprimento de panícula (r = 0,5478), acumulação térmica da formação de panícula (r = 0,7101), floração (r = 0,61) e

matures fisiológica ($r = 0,6269$) (tabela 9). Mesmo assim o comprimento da panícula mostra correlação positiva com o rendimento de massa seca ($r = 0,7428$) e negativa com o índice de colheita ($r = -0,5468$) e peso de mil sementes ($r = -0,6665$) (tabela 9). Adicionalmente o rendimento de sementes tem correlação positiva com o índice de colheita ($r = 0,7598$) e negativa com a acumulação térmica da matures fisiológica ($r = -0,5664$). Entretanto o índice de colheita tem relação positiva com o peso de mil sementes ($r = 0,6977$).

Tabela 9. Coeficientes de correlação dos genótipos para altura de plantas (HP, cm), comprimento da panícula (CP,cm), produção de massa seca (RMS, t ha⁻¹), rendimento de grãos (RG, t ha⁻¹), índice de colheita (IC, %), peso de mil sementes (PM, g/1.000), número de dias e acumulação térmica de Formação de panícula (FP), Floração (FL) e Matures Fisiológica (MF). Brasília, DF, 2018.

PARAMETRO	HP	CP	RMS	RG	IC	PM	DFPA	TFP	DFL	TFL	DMF	TMF
HP	1,00	0,5478 *	0,2336	-0,2287	-0,4752	-0,3664	0,1269	0,7101 **	0,5974 *	0,61 *	0,6163 *	0,6269 *
CP		1,00	0,7428 **	-0,0125	-0,5468 *	-0,6665 **	-0,1131	0,0649	-0,1148	-0,0955	-0,0385	-0,0155
RMS			1,00	0,477	-0,1759	-0,2724	-0,2379	-0,0496	-0,2356	-0,2098	-0,3094	-0,3079
RG				1,00	0,7598 **	0,4541	-0,1281	-0,4126	-0,4561	-0,4329	-0,5591 *	-0,5664 *
IC					1,00	0,6977 **	0,0045	-0,406	-0,3239	-0,315	-0,4138	-0,4298
PM						1,00	0,1666	0,0138	0,0071	0,0071	-0,1709	-0,1999
DFPA							1,00	0,3217	0,3518	0,3243	0,3338	0,3099
TFP								1,00	0,9238 **	0,9294 **	0,8243 **	0,8052 **
DFL									1,00	0,9962 **	0,8858 **	0,8573 **
TFL										1,00	0,8817 **	0,8546**
DMF											1,00	0,9971 **
TMF												1,00

** *Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste T.

1.5 DISCUSSÃO

Segundo os resultados de emergência nos dois locais, a quinoa teve um desenvolvimento mais precoce (Dias) sobre os 1100 m de altitude a temperaturas mais altas, que quando comparadas com temperaturas de maior altitude é suficiente para acelerar o ciclo da quinoa reduzindo o número de dias desde a emergência ate maturação (SANTOS, 1996). Embora com acumulação térmica sem diferenças significativas para os dois locais, como evidenciado nas (tabelas 4, 5). Estes dados são corroborados por (JACOBSEN; BACH, 1998), onde experimentos com cultivais de origem chilena, selecionados na Dinamarca, foram testados a temperaturas altas (30 e 35 °C) com um período de germinação de um dia sendo mais precoces que as testadas a baixas temperaturas. De acordo com (BERTERO, 2014), quando as sementes se incubam a 2 °C o tempo que vai ate 50% de germinação varia entre 45 e 67 horas. Dados esses confirmados pelos resultados a cerca da temperatura e salinidade, obtidos por (CHILO, 2009), nos quais maior velocidade de germinação foi observada à 20 °C para as variedades Cica e Real quando comparada com temperaturas de 5 °C.

Com isto pode-se concluir que a temperatura é um dos principais determinantes na velocidade do desenvolvimento da planta de quinoa (BERTERO, 2001).

De modo geral todos os genótipos avaliados nos diferentes locais e tipos de semeadura tiveram um desenvolvimento precoce segundo a classificação de (WAHLI, 1990) com menos de 127 dias.

Embora a quinoa selecionada na Colômbia seja originária das regiões de maior altitude, os genótipos apresentaram boa germinação em temperaturas de 21 °C no local dos 1100 m e 16 °C no local dos 1850 m. Segundo (BERTERO; KING; HALL, 1999), a germinação da quinoa é afetada depois dos 30 °C.

Os melhores resultados de rendimento de sementes e biomassa, foram obtidos na semeadura por sulco quando comparados com a semeadura por cova (tabela 7). Demonstrando que o número de plantas por m² é determinante na produção de quinoa. Estes resultados são similares aos conseguidos em experimentos feitos na Argentina com cultivais de quinoa de origem do nível do mar, onde foram testadas três densidades diferentes (22, 33 e 66 plantas por m²), encontrando maiores rendimentos para sementes e biomassa em condições de maior densidade (BERTERO; RUIZ, 2008). Igualmente pode se afirmar que a semeadura por sulco oferece melhores resultados produtivos quando comparada com a semeadura por cova efetuada na Colômbia (tabela 8). Considerando o anterior (FERREIRA, 2006) afirma que,

dentro de limites existe correlação positiva entre o número de plantas nas parcelas e produção, ou seja, aumentando-se o seu número, haverá um reflexo positivo no rendimento.

Além disso, pode-se concluir que segundo os resultados dos diferentes tipos de semeadura o número de grãos na produção é o principal determinante do rendimento da quinoa (BERTERO; RUIZ, 2008; CURTI, DE LA VEGA, et al., 2014).

Em Ecoaldea Fundamor (1100m), houve maior temperatura o que permite confirmar que a temperatura é uns dos principais fatores que influenciam o tempo de floração, afetando o rendimento das sementes. (BERTERO; RUIZ, 2008), falam que a etapa mais sensível a efeitos ambientais é a floração e conseqüentemente esta etapa é a maior determinante da produção de sementes em quinoa. Por outro lado, ainda que as plantas tenham crescido mais no local de menor altitude, o peso de grãos foi menor (tabela 8). A temperatura ambiente mais alta pode provocar diminuição na produtividade, maior crescimento em altura, sem correspondente aumento do ciclo da planta (SANTOS, 1996).

Na pesquisa evidenciou-se a diferença genotípica no tempo de floração o que ajuda na estrutura da interação do G x E para o rendimento de sementes e determina o ajuste agroecológico dos genótipos em diferentes ambientes (CURTI, DE LA VEGA, et al., 2014). Além disso, encontrou-se alta variabilidade genotípica nos experimentos, apresentando um potencial no melhoramento genético como alternativa nas limitações dos fatores abióticos que afetam o desenvolvimento dos cultivais (BERTERO; DE LA VEGA, et al., 2004; POUTEAU, 2011; GEERTS, 2006; CURTI, 2016).

Tendo em conta que o rendimento e tamanho das sementes são duas características importantes na produção de quinoa, foram feitas análises de correlação (tabela 9). Que demonstraram que não houve associação significativa entre o tamanho e rendimentos de sementes o que é corroborado por (BERTERO, DE LA VEGA, et al., 2004; BERTERO; RUIZ, 2008). Tendo em conta o anterior a relação entre tamanho de grãos e rendimento tem de ser vista com cautela, devido ao baixo coeficiente de correlação (ROCHA, 2008). Também os análises de correlação demonstraram que o comprimento da panícula tem relação positiva com a altura de plantas, o que indica que no aumento na altura de planta contribuem ao incremento da panícula (DELGADO; PALACIOS; BETANCURT, 2009).

Houve variância significativa na interação de genótipo por ambiente (G x E) para características de rendimento de sementes, massa seca e índice de colheita (tabela 10).

Dados similares foram encontrados por (BERTERO; DE LA VEGA, et al., 2004). Mas no trabalho feito por (CURTI; DE LA VEGA, et al., 2014) a massa seca apresentou maior interação por genótipo. Estes dados confirmam a interação de quinoa com o ambiente, encontrada com outros genótipos (SANTOS, 1996).

Com respeito à produção de massa seca para os dois locais encontrou-se que no teste de agrupamento os dois genótipos com maior produção de massa seca BRQ 8 e Aurora tiveram o maior rendimento de sementes (tabela 7). O que permite concluir que nesses genótipos a produção de massa seca pode influenciar a produção de sementes, permitindo ter na mesma planta dois propósitos agropecuários importantes, como a produção de grãos e produção de forragens para animais. Resultados da relação entre a massa seca e o rendimento de sementes foram observados em estudos feitos por (BERTERO; DE LA VEGA, et al., 2004).

A acumulação térmica para maturação fisiológica não teve diferenças significativas no teste de agrupamento quando comparados os dois locais (tabela 6). O que demonstra que quando semeada em condições de fotoperíodo ótimo a quinoa apresenta acumulação térmica constante (BERTERO ; KINGB; HALLA, 1999b).

Ademais os resultados do experimento evidenciaram que o desenvolvimento da quinoa esteve entre os 16 °C e os 21 °C com temperatura base de 3 °C. Demonstrando que a temperatura ótima para o desenvolvimento da quinoa esta entre os 10 °C e 22 °C, com temperatura base de 1 °C (BOIS; WINKEL, et al., 2006).

CONCLUSÕES

- Respostas à temperatura explicam o desempenho agroecológico de genótipos de quinoa selecionados nas condições de altitude do Cerrado.
- Genótipos selecionados no Cerrado mantêm as mesmas relações de resposta quando avaliados na Colômbia.
- A seleção por características agronômicas e rendimento mostra-se efetiva em ambientes semelhantes no Brasil e na Colômbia.
- A exploração de variabilidade, dentro das progênies, produto de cruzamentos naturais, mostra-se efetiva na adaptação da quinoa em ambientes tropicais.
- A seleção a partir de genótipos originários dos vales andinos, como BRS Syetetuba, mostra-se efetiva para adaptar a quinoa a baixas altitudes de ambientes tropicais.

1.5 BIBLIOGRAFÍA

AGÜERO, S. N., OJEDA FÉREZ, E., GIRALDEZ, A., GALLEGUILLO, N., & BARBIERI, G. Acumulación de Grados-Día entre siembra, cosecha y rendimiento granífero obtenido, en cereales invernales. Avances en la producción vegetal y animal del Noa, Tucuman, Argentina., p. 318-323, 2009.

ALVAREZ, M.; PAVÓN, J.; VON RÜTTE, S. Caracterización. In: CH, W. Quinoa: hacia su cultivo comercial. Quito: S.A, Latinreco, 1990 a. p. 5-30.

ÁLVAREZ, M.; RUTTE., S. V. Quinoa hacia su cultivo comercial. In: WAHLI, C. Genética. : Latinreco S.A, 1990 b. p. 37.

BAZILE, D. BERTERO, H. D., & NIETO, C. La quínoa en Chile. In: BAZILE D. ET AL. (EDITORES) Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): FAO, 2014. Cap. 5,4, p. 477-502.

BERTERO B, H. D.; KINGB, R. W.; HALLA, A. J. Modelling photoperiod and temperature responses of flowering in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Research, v. 63, p. 19-34, 1999b.

BERTERO, H. D., DE LA VEGA, A. J., CORREA, G., JACOBSEN, S. E., & MUJICA, A. (2004). Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. *Field Crops Research*, v. 89, n. 2, p. 299-318., 2004.

BERTERO, H. D. Effects of photoperiod, temperature and radiation on the rate of leaf appearance in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under field conditions. *Annals of Botany*, v. 87, n. 4, p. 495-502., 2001.

BERTERO, H. D. Response of developmental processes to temperature and photoperiod in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, v. 19, n. 1-2, p. 87-97, 2003.

BERTERO, H. D. Control ambiental del desarrollo. In: (EDITORES), B. D. E. A. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. (Santiago de Chile) y CIRAD,(Montpellier, Francia): FAO, 2014. Cap. 2,1, p. 137-152.

BERTERO, H. D., DE LA VEGA, A. J., CORREA, G., JACOBSEN, S. E., & MUJICA, A. Genotype and genotype-by-environment interaction effects for grain yield and grain size of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as revealed by pattern analysis of international multi-environment trials. *Field Crops Research*, v. 89, n. 2, p. 299-318, 2004.

BERTERO, H. D.; KING, R. W.; HALL, A. J. Photoperiod-sensitive development phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).. *Field Crops Research*, v. 60, n. 3, p. 231-243., 1999.

BERTERO, H. D.; RUIZ, R. A. Determination of seed number in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *European journal of agronomy*, v. 28, n. 3, p. 186-194., 2008.

BERTERO, H. D.; RUIZ, R. A. Reproductive partitioning in sea level quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *Field Crops Research*, v. 18, n. 1, p. 94-101, 2010.

BHARGAVA, A.; DEEPAK, O. Quinoa en el subcontinente indio. In: (EDITORES), B. D. E. A. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD,(Montpellier, Francia): FAO, 2014. Cap. 6.21, p. 620-634.

BOIS, J. F., WINKEL, T., LHOMME, J. P., RAFFAILLAC, J. P., & ROCHETEAU, A. Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: effects on germination, phenology, growth and freezing. *European Journal of Agronomy*, v. 25, n. 4, p. 299-308, Junio 2006.

BOJANIC, A. La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad. [S.l.]: Retrieved, v. 18, 2011.

CÂMARA, G. M. D. S. Fenologia é ferramenta auxiliar de técnicas de produção. *PLANTA E AMBIENTE*, Piracicaba, SP., n. 5, p. 63-66, JUN 2006.

CHILO, G., VACCA MOLINA, M., CARABAJAL, R., & OCHOA, M. Efecto de la temperatura y salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*. *Agriscientia*, 26(1), 15-22. *Agriscientia*, v. 26, n. 1, p. 15-22, 2009.

CLIMATE-DATA.ORG. climate-data.org. CLIMA: POPAYÁN, 2017. Disponível em: <<https://es.climate-data.org/location/3703/>>. Acesso em: 17 out. 2017.

COULIBALY, A., SANGARÉ, A., KONATE, M., TRAORÉ, S., RUIZ, K. B., MARTINEZ, E. A.,... & LÉON, P. Evaluación de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y adaptación a las condiciones agroclimáticas de Mali, África Oeste: Un ejemplo de colaboración Sur-Norte-Sur. In: BAZILE D. ET AL. (EDITORES) Estado del arte de la quinoa en el mundo en 2013. (Santiago de Chile) y CIRAD,(Montpellier, Francia): FAO, 2014. Cap. 6,3, p. 634-646.

CURTI, R. N., DE LA VEGA, A. J., ANDRADE, A. J., BRAMARDI, S. J., & BERTERO, H. D. Adaptive responses of quinoa to diverse agro-ecological environments along an altitudinal gradient in North West Argentina. *Field Crops Research*, v. 189, p. 10-18., enero 2016.

CURTI, R. N., ANDRADE, A. J., BRAMARDI, S., VELÁSQUEZ, B., & DANIEL BERTERO, H. Ecogeographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from Northwest Argentina. *Annals of Applied Biology*, v. 160, n. 2, p. 114-125., 2012.

CURTI, R. N., DE LA VEGA, A. J., ANDRADE, A. J., BRAMARDI, S. J., & BERTERO, H. D. Multi-environmental evaluation for grain yield and its physiological determinants of quinoa genotypes across Northwest Argentina. *Field Crops Research*, v. 166, p. 46-57, 2014.

DELGADO, A.; PALACIOS, J.; BETANCURT, C. Evaluación de 16 genotipos de quinoa dulce (*Chenopodium quinoa* Willd) en el municipio de Iles, Nariño (Colombia). *Agronomía Colombiana*. AGRONOMIA COLOMBIANA, Bogotá, v. 2, n. 27, p. 159-167, 2009.

FAO. Depósito de documentos de la FAO, Trigo regado, Sección 6. Explicaciones sobre el desarrollo de la planta Trigo, 2001. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s0b.htm>>. Acceso en: 16 OUT 2017.

FAO, O. D. L. N. U. P. L. A. Y. L. A. Irrigation and drainage. University of Cardaba and IAS - CSIC, KU Leuven University y University of Rome, p. 230 - 235. 2012.

FERREIRA, P. V. Melhoramento de Plantas – Técnicas experimentais. EDUFAL, Maceió, v. 8, p. 663-759., 2006.

GEERTS, S., RAES, D., GARCIA, M., DEL CASTILLO, C., & BUYTAERT, W. Agroclimatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: a case study for quinoa. *Agric. For. Meteorol.*, v. 139, p. 399–412., 2006.

IDEAM, I. D. H. M. Y. E. A. MACIZO COLOMBIANO Y SU AREA DE INFLUENCIA INMEDIATA. PRIMERA. ed. BOGOTÁ: IDEAM, 1999.

JACOBSEN, S. E. . S. O. Quinoa. Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe.. *European Journal of Agronomy* 2, v. 2, p. 19–29., 1993.

JACOBSEN, S. E. Adaptación y posibilidades para la quinua en las latitudes septentrionales de Europa. In *Estado Del Arte De La Quinua En El Mundo En 2013*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO., 2014.

JACOBSEN, S. E., MONTEROS, C., CHRISTIANSEN, J. L., BRAVO, L. A., CORCUERA, L. J., & MUJICA, A. Plant response of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*, v. 22, p. 131 - 139., 2005.

JACOBSEN; BACH, A. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium-quinua* Willd). -*Seed Science and Technology*, n. 26, p. 515-523., 1998.

JOHNSON, D. L.; WARD, S. M. Quinoa. In: JANICK, J. . S. E. *Advances in New Crops*. Timber Press, Portland, OR. [S.l.]: [s.n.], 1991. p. 112–127.

KOTTEK, M., GRIESER, J., BECK, C., RUDOLF, B., & RUBEL, F. World map of the KöppenGeiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 15, p. 259-263, 2006.

MAXIMIANO, C. V. Monografía de conclusão do Curso de Graduação em Agronomia apresentada Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB: Influência das condições climáticas no desenvolvimento fenológico e fisiológico da quinoa. Brasília: UNB, 2014.

MCMASTER, GREGORY S.; WILHELM, W. W. "Growing degree-days: one equation, two interpretations", University of Nebraska- Lincoln /Faculty. University of Nebraska- Lincoln /Faculty. Publications from USDA- Agricultura! Research Service. [S.l.], p. 86. 1997.

MIRALLES, D. J., WINDAUER, L. B., & GÓMEZ, N. V. Factores que regulan el desarrollo de los cultivos de grano. In: (EDS.), S. E. A. Producción de Granos: bases funcionales para su manejo. Argentina: FAUBA; Bs. As, 2004. Cap. 5, p. 60-71.

MUJICA, A. Descriptores para la caracterización del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). In: Ministerio de Agricultura, I. F. M. D. M. A.-F. C. I. Y. P. Manual para caracterización In situ de cultivos nativos: Conceptos y Procedimientos. primera. ed. Lima, Perú:, 2006. p. 90-105.

MUJICA, A.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. P. Origen y descripción de la quinua. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO, UNA. Puno, CIP.Santiago de Chile, p. 9-29. 2001.

NIETO, C. E. A. INIAP-Ingapirca e INIAP-Tunkahuan: dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. ECUADOR , p. 25. 1992. (228).

OYOO M.; KHAEMBA J.; GITHIRI S.; AYIECHO P. Utilización de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* willd), más allá de sus tradicionales zonas de cultivo: un caso de Kenia. In: BAZILE D. ET AL. (EDITORES) Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): FAO, 2014. Cap. 6,32, p. 647-663.

- POPAYÁN, A. M. D. Alcaldía Municipal de Popayán, 2016. Disponível em: <<http://popayan.gov.co/ciudadanos/popayan/nuestra-geografia>>. Acesso em: 3 Outubro 2016.
- POUTEAU, R., RAMBAL, S., RATTE, J. P., GOGÉ, F., JOFFRE, R., & WINKEL, T. Downscaling MODIS-derived maps using GIS and boosted regression trees: the case of frost occurrence over the arid Andean highlands of Bolivia. *Remote Sensing of Environment*, v. 115, n. 1, p. 117-129., 2011.
- QUILICHAO, A. D. S. D. Información del Municipio, 2016. Disponível em: <<http://santanderdequilichao-cauca.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>>. Acesso em: 16 OUT 2017.
- RAMÍREZ, C. V., ROMERO GUERRERO, G., & GÓMEZ PIEDRAS, J. J.: Morphoagronomic Response and Protein Quality of Three Accessions of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) In the Northern Sabana Of Bogota. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, Bogotá, v. 19, n. 2, p. 325-332, DEZ 2016.
- ROCHA, J. E. S. Seleção de genótipos de quinoa com características agrônômicas: Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias. Brasília: UNB, 2008.
- ROJAS, W. Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. *Food Reviews International*, La Paz, Bolivia, v. 19, n. 1-2, p. 9-23, 2003.
- SALAZAR, H. Comparativa de la fenología de 20 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Wild) en condiciones del callejón de Huaylas. UNALM. Lima-Perú, p. 88. 1994.
- SANTOS, R. L. B. Estudos iniciais para cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) no Cerrado. Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária Dissertação (Mestrado), Brasília, p. p. 129., 1996.
- SAÑUDO, B., ARTEAGA, G., BETANCOURTH, C., ZAMBRANO, J., & BURBANO, J. Perspectivas de la quinua dulce para la región andina de Nariño. Pasto: Unigraf, 2005.
- SEPOR. Importancia del uso del registros agroclimáticos Grados días. Comisión Nacional de Riego - Chile. Santiago de Chile. 2010.

SOTO, M. J. L. Granos andinos avances, logros y experiencias desarrolladas. Bioversity Internacional (Instituto Internacional de Recursos). Bolivia, p. 178. 2010.

SOUZA, F. F. D. J. Descrição de estádios fenológicos, maturação, qualidade fisiológica de sementes e diversidade genética em quinoa. Universidade de Brasilia. Brasilia, p. 2007. 2017. Tese Ph.D.

SPEHAR, C. . Quinoa: alternativa para a diversificação agrícola e alimentar. Planaltina,DF: Embrapa Cerrados, 2007.

SPEHAR, C. R., SILVA ROCHA, J. E. D., & BARROS SANTOS, R. L. D. Desempenho agrônômico e recomendações para cultivo de quinoa (BRS Syetetuba) no Cerrado. Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 41, n. 1, p. 145-147, jan./mar. 2011.

SPEHAR, C. R.; SANTOS, R. L. B. Quinoa BRS Piabiru: alternativa para diversificar os sistemas de produção de grãos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 6, p. 889-893, 2002.

TAPIA, M. Eco desarrollo en los Andes. Lima Perú: Fundación Friedrich Ebert, 1996.

TAPIA, M. E. El largo camino de la quinoa ¿quiénes escribieron su historia? In: (EDITORES), B. D. E. A. “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”. (Santiago de Chile) y CIRAD (Montpellier, Francia): [s.n.], 2014. p. 1-3.

TAPIA, M. E. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO. Segunda. segunda. ed. Santiago - Chile: FAO, 2000.

TAPIA, M.; FRIES. Guía de Campo de los cultivos Andinos. FAO. Roma ANPE - Lima, p. 209. 2017.

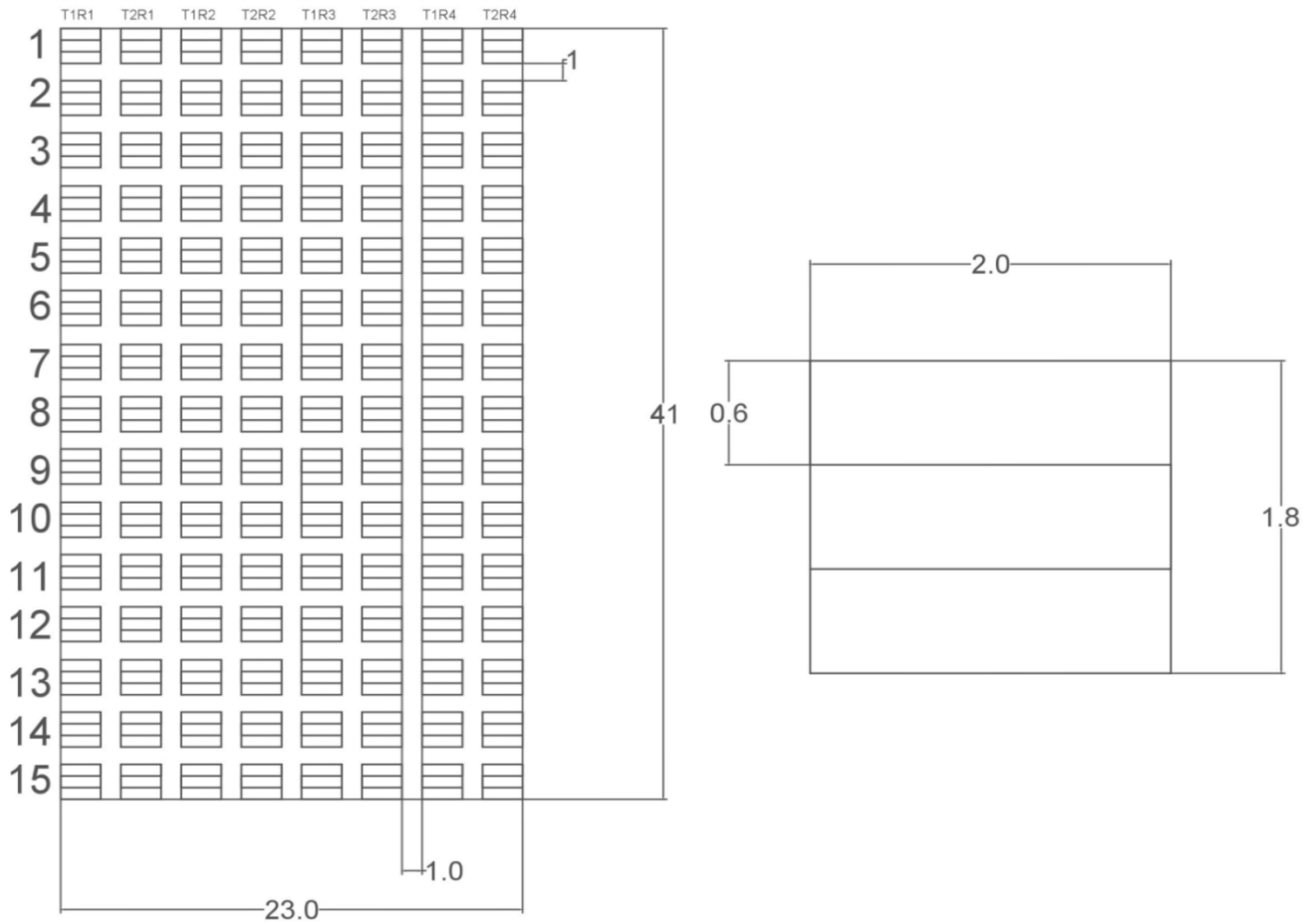
WAHLI, C. Quinoa hacia su cultivo comercial. Latinreco, Quito, 1990.

WINKEL, T., POUTEAU, R., RAMBAL, S., JOFFRE, R., RATTE, J. P., & GOGÉ, F. Heladas imprevistas entre cerros quietos: un método para mapear los riesgos de heladas en el altiplano sur de Bolivia mediante información topográfica y satelital. In Proceedings of the III Congreso Internacional de la Quinoa., 2011.

WISE, K., JOHNSON, B., MANSFIELD, C., & KRUPKE, C. Managing wheat by growth stage. Purdue Extension publications, 2011. Disponível em: <<http://varietytesting.tamu.edu/wheat/docs/mime-5.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2017.

ANEXOS

Figura 9: Gráfico do desenho experimental e distribuição das parcelas experimentais, com as respectivas dimensões das parcelas e dos blocos. Os números de 1 a 15 são as progênies avaliadas. A nomenclatura T1 representa o tratamento de distancia de sementeira (0,6m x 0,3 m) e o T2 representa o tratamento de sementeira em sulco. A letra R representa a repetição de cada tratamento.



Fonte: Wilson Anchico Jojoa, 2018.

Tabela 10. Análise de variância para altura de plantas, comprimento da panícula, produção de massa seca, rendimento de grãos, índice de colheita e peso de mil sementes para os genótipos, locais e tipos semeadura. Brasília, DF, 2018

<i>FONTE DE VARIAÇÃO</i>	<i>Gl</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
ALTURA DE PLANTAS				
BLOCO	3	561,18		
PARCELA	13	1435,33	2.839389	.082249 **
ERRO A	39	284,45		
SUBPARCELA	3	11475,68	37.504207	.0 **
INTERAÇÃO	39	305,98	1.268928	16.349512 ns
ERRO B	126	241,13		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	163,1	251,96		
C.V. GENÉTICO%	6,299			
C.V. PARCELA%	12,89			
C.V. SUBPARCELA%	11,87			
COMPRIMENTO DA PANÍCULA				
BLOCO	3	88.19413		
PARCELA	13	141.199	3.356125	.012513 **
ERRO A	39	24.803678		
SUBPARCELA	3	1261.531	53.286861	.0 **
INTERAÇÃO	39	23.6743	1.101175	33.747797 ns
ERRO B	126	21.499165		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	163,1	22.325293		
C.V. GENÉTICO%	8.689			
C.V. PARCELA%	16.1964			
C.V. SUBPARCELA%	15.0789			
RENDIMENTO DE MASSA SECA				
BLOCO	3	35203.743601		
PARCELA	13	8354105.869468	.559917	100.0 ns
ERRO A	39	254544.071595		
SUBPARCELA	3	139111041.72956	9.223149	.009415 **
INTERAÇÃO	39	15082813.68528	64.582462	.0 **
ERRO B	126	233543.490019		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	164,17	238793.635413		
C.V. GENÉTICO%	.			
C.V. PARCELA%	6.836			
C.V. SUBPARCELA%	6.5483			

ns: não significativo

*: significativo Teste F 5%

**: significativo Teste F de 1% a 5%

Continuação

<i>FONTE DE VARIAÇÃO</i>	<i>GL</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
RENDIMENTO DE SEMENTES				
BLOCO	3	73060.198853		
PARCELA	13	1237057.85599	1.139616	35.636987 ns
ERRO A	39	19231.013237		
SUBPARCELA	3	11903403.9115	10.994007	.001965 **
INTERAÇÃO	39	1082717.5209	57.774843	.0 **
ERRO B	126	18740.293581		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	164,69	18862.973495		
C.V. GENÉTICO%	5.4387			
C.V. PARCELA%	7.6915			
C.V. SUBPARCELA%	7.5927			
ÍNDICE DE COLHEITA				
BLOCO	3	11.687066		
PARCELA	13	209.59706	2.412734	1.499596 *
ERRO A	39	3.282707		
SUBPARCELA	3	743.46242	8.769219	.014044 **
INTERAÇÃO	39	84.780918	29.467806	.0 **
ERRO B	126	2.877069		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	163,1	2.978479		
C.V. GENÉTICO%	11.3514			
C.V. PARCELA%	7.3756			
C.V. SUBPARCELA%	6.9049			
PESO DE MIL SEMENTES				
BLOCO	3	.016898		
PARCELA	13	.467	9.612986	.0 **
ERRO A	39	.012886		
SUBPARCELA	3	2.27065	61.077199	.0 **
INTERAÇÃO	39	.037177	2.608703	.00282 **
ERRO B	126	.014251		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	164,98	.01391		
C.V. GENÉTICO%	6.719			
C.V. PARCELA%	4.6461			
C.V. SUBPARCELA%	4.886			

ns: não significativo

*: significativo Teste F 5%

** : significativo Teste F de 1% a 5%

Tabela 11. Análise de variância para número de dias e acumulação térmica de formação de panícula (FP), floração (FL) e maturação fisiológica (MF), para genótipos, locais e tipos de semeadura. Brasília, DF, 2018

<i>FONTE DE VARIACÃO</i>	<i>GL</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
DIAS FORMAÇÃO DE PANÍCULA				
BLOCO	3	1465.392857		
PARCELA	13	1292.333791	1.065556	39.661099 ns
ERRO A	39	1154.197344		
SUBPARCELA	3	6067.892857	5.301168	.366294 **
INTERAÇÃO	39	1144.633242	.989141	100.0 ns
ERRO B	126	1157.199405		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	164.84	1156.44889		
C.V. GENÉTICO%	5.822			
C.V. PARCELA%	64.4483			
C.V. SUBPARCELA%	64.5321			
TEMPERATURA FORMAÇÃO DE PANÍCULA				
BLOCO	3	7790.322396		
PARCELA	13	27554.797685	7.971935	.0 **
ERRO A	39	1194.002212		
SUBPARCELA	3	1132066.784777	467.495709	.0 **
INTERAÇÃO	39	2421.555458	1.909452	.38654 **
ERRO B	126	1268.193703		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	164,99	1249.64583		
C.V. GENÉTICO%	3.7807			
C.V. PARCELA%	3.2913			
C.V. SUBPARCELA%	3.392			
DIAS A FLORAÇÃO				
BLOCO	3	6.065476		
PARCELA	13	125.125	6.520114	.0 **
ERRO A	39	4.187271		
SUBPARCELA	3	3807.505952	243.437835	.0 **
INTERAÇÃO	39	15.640568	3.764492	.0 **
ERRO B	126	4.154762		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	164,79	4.162889		
C.V. GENÉTICO%	4.3456			
C.V. PARCELA%	3.3998			
C.V. SUBPARCELA%	3.3866			

ns: não significativo

*: significativo Teste F 5%

** : significativo Teste F de 1% a 5%

Continuação

<i>FONTES DE VARIAÇÃO</i>	<i>GL</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
TEMPERATURA DE FLORAÇÃO				
BLOCO	3	2013.816083		
PARCELA	13	39748.19887	6.437389	.0 **
ERRO A	39	1489.107517		
SUBPARCELA	3	993083.574327	202.570422	.0 **
INTERAÇÃO	39	4902.41153	3.510502	.0 **
ERRO B	126	1396.498526		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	164,39	1419.650773		
C.V. GENÉTICO%	3.8004			
C.V. PARCELA%	3.1467			
C.V. SUBPARCELA%	3.0473			
DIAS MATURAÇÃO FISIOLÓGICA				
BLOCO	3	35.654762		
PARCELA	13	1141.362637	6.869034	.0 **
ERRO A	39	17.6163		
SUBPARCELA	3	4150.535714	27.524884	.0 **
INTERAÇÃO	39	150.792125	9.766028	.0 **
ERRO B	126	15.440476		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	163,61	15.984432		
C.V. GENÉTICO%	7.0672			
C.V. PARCELA%	3.774			
C.V. SUBPARCELA%	3.5332			
TEMPERATURA DE MATURAÇÃO FISIOLÓGICA				
BLOCO	3	12190.085609		
PARCELA	13	374338.422462	6.866473	.0 **
ERRO A	39	6520.035514		
SUBPARCELA	3	84901.805282	1.73944	17.482202 ns
INTERAÇÃO	39	48809.856982	8.742894	.0 **
ERRO B	126	5582.803388		
TOTAL	223			
ERRO (A,B)	164,79	5817.111419		
C.V. GENÉTICO%	6.5302			
C.V. PARCELA%	3.7021			
C.V. SUBPARCELA%	3.4257			

ns: não significativo

*: significativo Teste F 5%

** : significativo Teste F de 1% a 5%



Figura 10. Emergência de plântulas com suas folhas cotiledôneas abertas. A: sementeira por sulco. B: sementeira por cova.
Fonte: Wilson Anchico Jojoa, 2018.

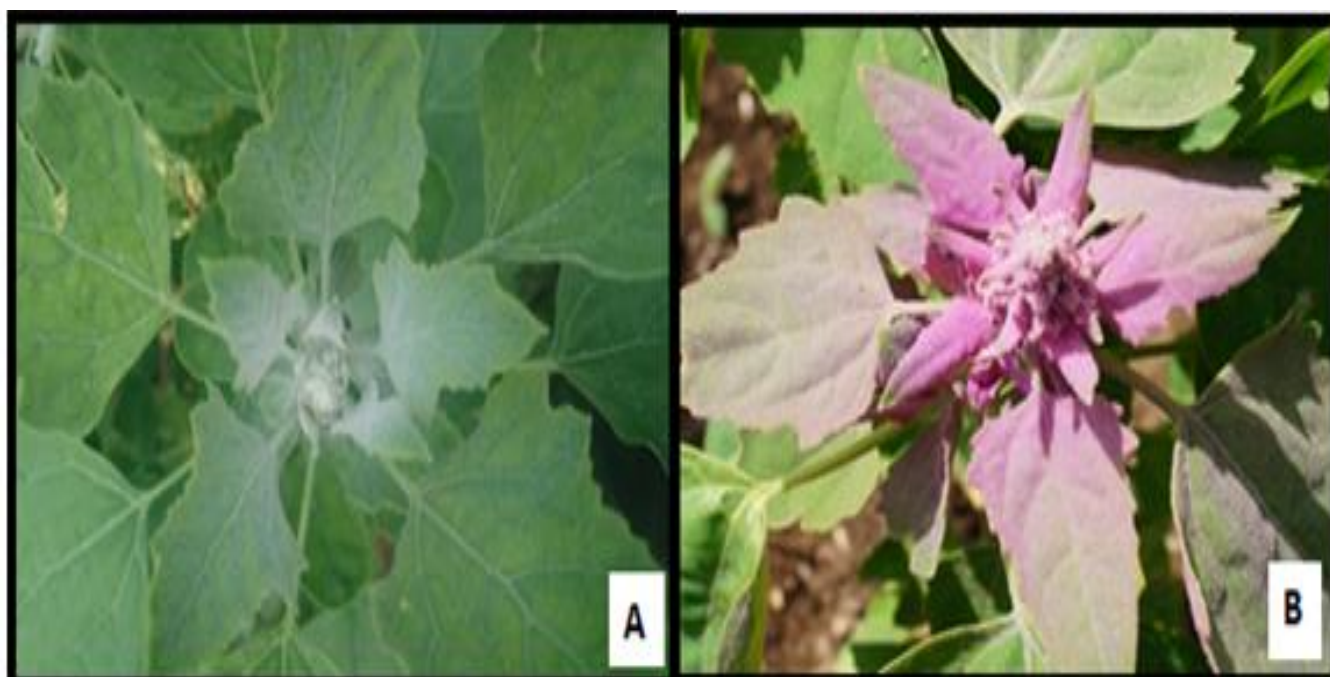


Figura 11. Formação de panícula. A: BRS Syetetuba. B: Priartal
Fonte: Wilson Anchico Jojoa, 2018.

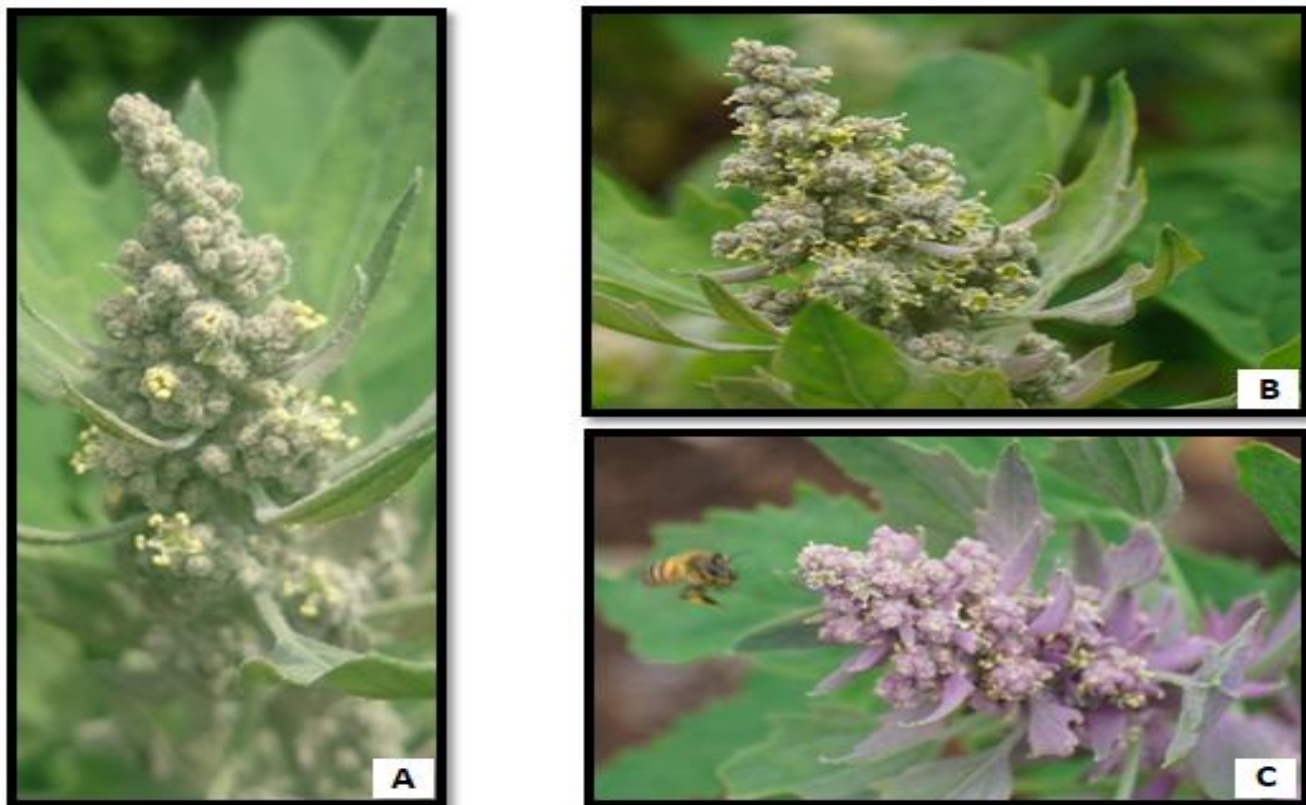


Figura 12. Processo de floração. A: BRS Syetetuba. B: Aurora. C: Priartal

Fonte: Wilson Anchico Jojoa, 2018.



Figura 13. Maturação fisiológica

Fonte: Wilson Anchico Jojoa, 2018.

Tabela 12. Dados originais da temperatura e somatória térmica na Fundação Ecoaldea Fundamor (1100 m).

mar-17							
Dias	Mínima	Media	Máxima	Base	C°d	Precipitação	Temperatura
1	19,2	24,6	30	3,1	0	21,7	20,5
2	18,5	21,9	25,3	3,1	18,8	12,6	39,3
3	19,2	24,6	30	3,1	21,5	5,6	60,8
4	17,6	23,8	30	3,1	20,7	23,8	81,5
5	17,8	22,15	26,5	3,1	19,05	2,8	100,55
6	17,1	24,6	32,1	3,1	21,5	0	122,05
7	19	24,85	30,7	3,1	21,75	7,6	143,8
8	20	25,1	30,2	3,1	22	0	165,8
9	18,9	24,45	30	3,1	21,35	2,4	187,15
10	19,2	25,65	32,1	3,1	22,55	18,5	209,7
11	19,6	25,15	30,7	3,1	22,05	0,2	231,75
12	19,6	24,95	30,3	3,1	21,85	1,3	253,6
13	19,2	24,25	29,3	3,1	21,15	10,3	274,75
14	19	23,7	28,4	3,1	20,6	8,6	295,35
15	19,9	24,95	30	3,1	21,85	0,7	317,2
16	18,9	22,9	26,9	3,1	19,8	27,5	337
17	18,5	24,05	29,6	3,1	20,95	0,2	357,95
18	19,2	25,3	31,4	3,1	22,2	0	380,15
19	19,8	25,05	30,3	3,1	21,95	6,1	402,1
20	19,3	23,55	27,8	3,1	20,45	47,5	422,55
21	19,2	23,35	27,5	3,1	20,25	14,6	442,8
	Media		24,23			212	
abr-17							
Dias	Mínima	Media	Máxima	Base	C°d	Precipitação	442,8
22	19	24,05	29,1	3,1	20,95	0,4	463,75
23	18,7	25,35	32	3,1	22,25	0	486
24	20,4	26,25	32,1	3,1	23,15	0	509,15
25	19,9	26,15	32,4	3,1	23,05	0	532,2
26	19,2	24,95	30,7	3,1	21,85	0	554,05
27	16,9	24,5	32,1	3,1	21,4	0	575,45
28	18,5	24,95	31,4	3,1	21,85	0	597,3
29	19,3	24,35	29,4	3,1	21,25	18,7	618,55
30	19,2	22,95	26,7	3,1	19,85	45,9	638,4
31	18,7	24,2	29,7	3,1	21,1	0,2	659,5
32	19,5	24,75	30	3,1	21,65	0	681,15
33	19,7	24,8	29,9	3,1	21,7	4,1	702,85
34	19,4	25,75	32,1	3,1	22,65	2,3	725,5
35	19,2	23,8	28,4	3,1	20,7	4,2	746,2
36	18,9	24,8	30,7	3,1	21,7	0,1	767,9
37	19,2	25,55	31,9	3,1	22,45	0	790,35
38	20	24,25	28,5	3,1	21,15	4,4	811,5
39	19,8	25,3	30,8	3,1	22,2	0	833,7
40	19,8	25,3	30,8	3,1	22,2	0	855,9
41	18,3	23,25	28,2	3,1	20,15	37,4	876,05

42	18,1	22,85	27,6	3,1	19,75	0,1	895,8
43	18	24,95	31,9	3,1	21,85	0	917,65
44	17,8	25,25	32,7	3,1	22,15	0	939,8
45	20,4	24,8	29,2	3,1	21,7	0	961,5
46	19,3	24,7	30,1	3,1	21,6	0	983,1
47	19	23,35	27,7	3,1	20,25	9,2	1003,35
48	17,6	24,65	31,7	3,1	21,55	0	1024,9
49	18,7	24,7	30,7	3,1	21,6	0	1046,5
50	19,8	24,9	30	3,1	21,8	0,1	1068,3
51	19,5	23,3	27,1	3,1	20,2	11,3	1088,5
Mai-17							
Dias	Mínima	Media	Máxima	Base	C°d	Precipitação	
52	19,2	23,95	28,7	3,1	20,85	2,3	1088,5
53	19,3	24,5	29,7	3,1	21,4	13,1	1109,35
54	18,2	23,7	29,2	3,1	20,6	2,4	1130,75
55	18,3	24,3	30,3	3,1	21,2	4,5	1151,35
56	17,3	23,55	29,8	3,1	20,45	41,6	1172,55
57	19,2	23,25	27,3	3,1	20,15	1,8	1193
58	19,2	22,85	26,5	3,1	19,75	0,1	1213,15
59	19,2	23,3	27,4	3,1	20,2	13,5	1232,9
60	19,2	23,6	28	3,1	20,5	5,1	1253,1
61	19	24,05	29,1	3,1	20,95	23	1273,6
62	18,3	23,85	29,4	3,1	20,75	17	1294,55
63	19,2	23,95	28,7	3,1	20,85	8	1315,3
64	18,3	23,55	28,8	3,1	20,45	17,1	1336,15
65	19,3	23,3	27,3	3,1	20,2	2,6	1356,6
66	19,2	24,45	29,7	3,1	21,35	2,4	1376,8
67	19,1	24,15	29,2	3,1	21,05	10,6	1398,15
68	18,3	24,5	30,7	3,1	21,4	0	1419,2
69	19,2	24,6	30	3,1	21,5	1,2	1440,6
70	17,6	24,5	31,4	3,1	21,4	4	1462,1
71	19,2	23,95	28,7	3,1	20,85	0,5	1483,5
72	20	25,15	30,3	3,1	22,05	4,7	1504,35
73	19,8	22,55	25,3	3,1	19,45	13,8	1526,4
74	17,8	24,7	31,6	3,1	21,6	0	1545,85
75	17,8	25,25	32,7	3,1	22,15	0	1567,45
76	18,7	24,6	30,5	3,1	21,5	0	1589,6
77	19,6	25,5	31,4	3,1	22,4	0	1611,1
78	19,7	25,1	30,5	3,1	22	0	1633,5
79	18	24,85	31,7	3,1	21,75	0	1655,5
80	19,2	25,3	31,4	3,1	22,2	0	1677,25
81	18,5	24,6	30,7	3,1	21,5	0	1699,45
82	19,8	24,45	29,1	3,1	21,35	0	1720,95
	Media	24,19				189,3	
jun-17							
Dias	Mínima	Media	Máxima	Base	C°d	Precipitação	
83	20,4	25,6	30,8	3,1	22,5	0	1764,8
84	19,1	25,9	32,7	3,1	22,8	0	1787,6

85	19,2	25,65	32,1	3,1	22,55	3,7	1810,15
86	19,2	25,1	31	3,1	22	0	1832,15
87	18,5	25,1	31,7	3,1	22	0	1854,15
88	16,8	24,75	32,7	3,1	21,65	0	1875,8
89	18,7	22,9	27,1	3,1	19,8	9,6	1895,6
90	18,7	23,25	27,8	3,1	20,15	2,7	1915,75
91	17,9	24,1	30,3	3,1	21	0,3	1936,75
92	19,8	25,4	31	3,1	22,3	0	1959,05
93	19,2	24,75	30,3	3,1	21,65	10	1980,7
94	17,8	22,95	28,1	3,1	19,85	33,7	2000,55
95	18,7	22,9	27,1	3,1	19,8	3	2020,35
96	17,9	23,65	29,4	3,1	20,55	0,1	2040,9
97	17	23,6	30,2	3,1	20,5	0,1	2061,4
98	18,1	23,55	29	3,1	20,45	0	2081,85
99	18,5	23,95	29,4	3,1	20,85	0,3	2102,7
100	18,7	24,4	30,1	3,1	21,3	0,9	2124
101	18,7	24,25	29,8	3,1	21,15	2,8	2145,15
102	17,8	24,5	31,2	3,1	21,4	46,4	2166,55
103	18,2	22,95	27,7	3,1	19,85	0,2	2186,4
104	17,6	23,7	29,8	3,1	20,6	0,6	2207
105	19,5	25,1	30,7	3,1	22	0,1	2229
106	17,8	24,8	31,8	3,1	21,7	0	2250,7
107	18,8	23,65	28,5	3,1	20,55	0	2271,25
108	18	23,7	29,4	3,1	20,6	3,9	2291,85
109	18,5	24	29,5	3,1	20,9	20,1	2312,75
110	18,7	23,7	28,7	3,1	20,6	0,1	2333,35
111	18,5	25,05	31,6	3,1	21,95	0	2355,3
112	19,9	25,4	30,9	3,1	22,3	0	2377,6
jul-17							
Dias	Mínima	Media	Máxima	Base	C°d	Precipitação	
113	18,2	25,35	32,5	3,1	22,25	0	2399,85
114	18,1	25,1	32,1	3,1	22	0	2421,85
115	18,5	25,15	31,8	3,1	22,05	0	2443,9
116	16,9	23,45	30	3,1	20,35	0	2464,25