

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN DE LOS GRANOS DE
VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN
RELACIÓN CON LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ALTIPLANO
BOLIVIANO**

Presentada por:

Alfredo Ronald VEIZAGA MEDINA

La Paz - Bolivia
2006

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Agronomía
Carrera de Ingeniería Agronómica

**EVALUACIÓN DE LA MADURACIÓN DE LOS GRANOS DE VARIEDADES DE
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN RELACIÓN CON LAS CONDICIONES
CLIMÁTICAS DEL ALTIPLANO BOLIVIANO**

*Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de:*

Licenciado en Ingeniería Agronómica

Alfredo Ronald VEIZAGA MEDINA

Tutor:

Dr. Jean Pierre RAFFAILLAC

Asesora:

Ing. M. Sc. Carmen DEL CASTILLO G.

Comité Revisor:

Ing. Agr. Ph.D. Magali GARCÍA CÁRDENAS

Ing. Agr. M.Sc. Félix MAMANI REYNOSO

Ing. Agr. Ph.D. Alejandro BONIFACIO FLORES

APROBADA

Decano:

Ing. Agr. M.Sc. Jorge PASCUALI CABRERA

Trabaja

*Trabaja, joven, sin cesar trabaja;
la frente honrada que en sudor se moja,
jamás ante frente se sonroja,
ni se rinde servil a quien lo ultraja.*

*Tarde la nieve de los años cuaja,
sobre quien lejos la indolencia arroja;
su cuerpo al roble, por lo fuerte, enoja;
su alma del mundo al lodazal no baja.*

*El pan que da el trabajo es más sabroso
que la escondida miel que con empeño
liba la abeja en el rosal frondoso*

*Si comes ese pan, serás tu dueño;
Mas si del ocio ruedas al abismo,
¡todo serlo podrás, menos tu mismo!*

Elías Calixto P.

DEDICATORIA

*A mi querida madre: Alicia
MEDINA CUEVAS por su apoyo, a
mi Padre y mis hermanos.*

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer sinceramente:

Al Dr. Jean Pierre RAFFAILLAC del Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD) de la cooperación francesa, un ejemplar investigador con un espíritu de colaboración hacia los estudiantes, quien permitió realizar y culminar el presente trabajo. A la Ing. Agr. M. Sc. Carmen DEL CASTILLO GUTIERRES por brindarme su amistad, apoyo permanente y sugerencias que permitieron mejorar este trabajo.

A los miembros del comité de revisión: a la Ing. Agr. Ph. D. Magali GARCÍA, Ing. Agr. M. Sc. Félix MAMANI e Ing. Agr. Ph. D. Alejandro BONIFACIO, por el tiempo brindado en la revisión del presente trabajo, realizando las observaciones necesarias para enriquecer la presentación de la misma.

También a los Ing. M. Sc. Quentin HECQUET, Ing. M. Sc. Sophie LEBONVALLET de Francia por la colaboración brindada, a los compañeros Ing. Agr. Juan Pablo RODRIGUEZ, Ing. Agr. Rodolfo APAZA, Edwin QUISBERT de la facultad de Agronomía de la UMSA, Verónica REA, Juan MAMANI e Ing. Agr. José GARCIA de la facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la UTO, amigos que trabajaron en el proyecto "Red - Quinoa".

A los docentes y administrativos de la facultad de Agronomía, que permitieron mi formación durante los años de estudio que lleve en esta casa de enseñanza.

A todos mis compañeros de estudio que compartieron conmigo buenos y malos momentos mientras estudiábamos.

A mis padres que inculcaron en mi, valores y me enseñaron a salir adelante en la vida pese a la adversidades, a mis hermanas y hermanos que compartieron junto a mi momentos tanto fáciles como difíciles.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Origen, distribución y centros de producción.....	3
2.2. Características de la quinua.....	3
2.2.1. Fenológicas.....	3
2.2.2. Morfológicas.....	5
2.2.3. Fisiológicas.....	7
2.2.3.1. Producción de biomasa.....	7
2.3. Factores Ambientales y desarrollo.....	8
2.3.1. Requerimientos Climáticos.....	8
2.3.2. Sequía y mecanismos de resistencia.....	8
2.4. Heladas.....	9
2.4.1. Tolerancia a heladas.....	10
2.4.2. Índices agro térmicos.....	10
2.4.3. Fases fenológicas susceptibles a heladas y sequías.....	12
2.4.4. Resistencia de la quinua a las sales.....	13
2.5. Maduración de granos de quinua y otros cultivos.....	13
2.5.1. Características del grano e influencia ambiental.....	15

2.5.2.	Relación de la maduración de la semilla con la temperatura y el agua.....	15
2.6.	Importancia de la quinua.....	16
2.7.	Atributos de calidad del grano de quinua.....	17
2.7.1.	Atributos físicos.....	17
2.7.2.	Atributos fisiológicos.....	18
2.8.	Clasificación por el tamaño de granos.....	19
3.	LOCALIZACIÓN.....	20
3.1.	Ubicación geográfica.....	20
3.2.	Características de los cuatro sitios de la Red - Quinua.....	21
3.2.1.	Vegetación predominante.....	22
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
4.1.	Materiales.....	24
4.1.1.	De laboratorio.....	24
4.1.2.	De campo y biológico.....	24
4.2.	Metodología.....	25
4.2.1.	Método de campo.....	25
4.2.1.1.	Selección de plantas.....	25
4.2.1.2.	Protección de las panojas.....	26
4.2.1.3.	Medición de temperatura y precipitación.....	26
4.2.2.	Método de laboratorio.....	26
4.3.	Procedimiento Experimental.....	27
4.3.1.	Diseño experimental y Análisis de datos.....	27
4.3.2.	Modelo estadístico.....	27
4.3.3.	Factores de estudio.....	28
4.4.	Variables de respuesta.....	29
4.4.1.	Evolución de la biomasa.....	29
4.4.2.	Evolución de los granos en la E. E. de Belén, CEAC- Condoriri y Sivingani..	29
4.4.3.	Variables para medir la evolución de los granos en la E. E. de Choquenaira	29
4.4.4.	Variables de respuesta para la cosecha, de los cuatro sitios.....	30
4.4.5.	Variables para la evaluación en la E. E. de Choquenaira.....	31

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
5.1. Clima y suelo.....	32
5.1.1. Comportamiento de las heladas en los cuatro sitios.....	37
5.1.1.1. Número de días con temperaturas menores e igual a 0 °C en los 4 sitios.....	37
5.1.1.2. Duración de las heladas en los cuatro sitios.....	38
5.1.2. Comparación de las heladas (duración e intensidad) en los 4 sitios.....	40
5.1.3. Relación entre la duración de las heladas y su intensidad.....	41
5.2. Evolución de la Biomasa.....	42
5.2.1. Biomasa aérea (MS g/planta) a los 60, 90 y 120 DDS en los cuatro sitios....	42
5.2.2. Efecto de la helada en la E. E. de Belén entre los 90 y 120 DDS.....	44
5.2.3. Biomasa aérea (MS g/planta) a los 60, 90 y 120 DDS, en la E. E. de Choquenaira.....	45
5.3. Evolución de los granos.....	47
5.3.1. Evolución de los granos por clases en los cuatro sitios.....	47
5.3.1.1. Evolución del número de granos (NG), de las tres variedades en la E. E. de Belén.....	47
5.3.1.2. Evolución del NG total y de las cuatro clases para tres variedades, Ceac - Condoriri.....	48
5.3.1.3. Evolución del NG total y de las clases 1, 2, 3 y 4 de tres variedades en Sivingani.....	50
5.3.2. Curvas de evolución de 10 variedades en la E. E. de Choquenaira.....	51
5.3.2.1. Porcentaje de materia seca de los glomérulos.....	51
5.3.2.2. Peso específico o volumétrico.....	53
5.3.2.3. Peso de grano seco en (g/panoja).....	54
5.3.2.4. Número de granos (NG) de la panoja principal.....	55
5.3.2.5. NG de clase 1 (diámetro >2.5 mm) en la panoja.....	57
5.3.2.6. NG de clase 2 (diámetro 2.5 - 2.0 mm) en la panoja.....	57
5.3.2.7. NG de clase 3 (diámetro 2.0 - 1.4 mm) en la panoja.....	58
5.3.2.8. NG de clase 4 (diámetro 1.4 - 1.0 mm) en la panoja.	59
5.4. Análisis estadístico de las variables de respuesta en los cuatro sitios, para la cosecha.....	61
5.4.1. Longitud de la panoja.....	61
5.4.2. Diámetro de la panoja.....	62
5.4.3. Porcentaje de materia seca de los glomérulos.....	63
5.4.4. Peso de grano (PG) seco (g/panoja).....	65
5.4.5. Peso específico o volumétrico de los granos	66

5.4.6.	Número de granos (NG) por panoja.....	67
5.4.7.	Porcentaje del NG de clase 1 (diámetro >2.5 mm) por panoja.....	69
5.4.8.	Porcentaje del NG de clase 2 (diámetro de 2.5mm a 2.0 mm) por panoja.....	72
5.4.9.	Porcentaje del NG de clase 3 (diámetro de 2.0 mm a 1.4 mm) por panoja.....	74
5.4.10.	Porcentaje del NG de clase 4 (diámetro de 1.4mm a 1.0mm) por panoja.....	76
5.4.11.	Porcentaje de germinación y crecimiento radicular.....	80
5.5.	Efecto de la precipitación y temperatura, entre la fase de grano lechoso hasta la cosecha, en los cuatro sitios.....	81
5.5.1.	Precipitación.....	81
5.5.2.	Temperatura máxima, mínima y media.....	82
5.6.	Duración del llenado de granos desde la FGL hasta la MF y la relación con la precipitación y temperatura, en los cuatro sitios.....	85
5.7.	Correlación y regresión de la precipitación y temperaturas con el porcentaje de número de granos (NG) de la clase 2 (2.5 - 2.0 mm) desde la siembra, en los cuatro sitios.....	87
5.8.	Análisis estadístico para la evaluación en la E. E. de Choquenaira.....	90
5.8.1.	Porcentaje de materia seca de los glomérulos.....	90
5.8.1.1.	Porcentaje de materia seca de los glomérulos en 10 variedades....	91
5.8.1.2.	Porcentaje de materia seca de los glomérulos en las tres partes de la panoja.....	92
5.8.2.	Peso de grano seco.....	92
5.8.2.1.	Peso de grano seco en gramos de las diez variedades.....	92
5.8.2.2.	Peso de grano seco (g) en las tres partes de la panoja.....	94
5.8.3.	Peso específico o volumétrico de los granos (g/cc).....	95
5.8.3.1.	Peso específico de grano (g/cc) para el factor variedad.....	95
5.8.3.2.	Peso específico de grano (g/cc) en las tres partes de la panoja....	96
5.8.4.	Número de granos (NG).....	96
5.8.4.1.	Número de granos (NG) en las diez variedades.....	97
5.8.4.2.	Número de granos (NG) en las tres partes de la panoja.....	98
5.8.5.	Porcentaje del Número de granos (NG) de clase 1, 2, 3 y 4 en la panoja.....	99
5.8.6.	Porcentaje del NG de clase 1 (>2.5 mm), 2 (2.5 -2.0 mm), 3 (2.0 - 1.4 mm) y 4 (1.4 - 1.0 mm) para las diez variedades.....	100
5.8.6.1.	Porcentaje del NG de clase 1, para las diez variedades.....	100
5.8.6.2.	Porcentaje del NG de clase 2, para las diez variedades.....	100
5.8.6.3.	Porcentaje del NG de clase 3, para las diez variedades.....	101
5.8.6.4.	Porcentaje del NG de clase 4, para las diez variedades.....	102
5.8.6.5.	Porcentaje del NG de clase 1 en las tres partes de la panoja.....	103

5.9.6.6. Porcentaje del NG de clase 2 en las tres partes de la panoja.....	104
5.9.6.7. Porcentaje del NG de clase 3 en las tres partes de la panoja.....	105
5.9.6.8. Porcentaje del NG de clase 4 en las tres partes de la panoja.....	106
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
6.1. Conclusiones.....	108
6.2. Recomendaciones.....	110
7. BIBLIOGRAFÍA.....	111
8. ANEXOS.....	122

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 01. Requerimientos de humedad y temperatura, de la quinua de acuerdo al grupo agro ecológico.....	8
Cuadro 02. Temperatura base y óptima para algunos cultivos.....	11
Cuadro 03. Valor nutritivo de la quinua.....	17
Cuadro 04. Clases de grano en quinua (por el diámetro del grano en mm).....	19
Cuadro 05. Ubicación geográfica de los cuatro sitios de la Red- Quinua.....	20
Cuadro 06. Características climáticas y edáficas de los sitios de la Red - Quinua.....	21
Cuadro 07. Procedencia y características generales de las diez variedades de quinua.....	24
Cuadro 08. Plagas, enfermedades y condiciones meteorológicas adversas, en los 4 sitios...	25
Cuadro 09. Factores de estudio planteados.....	28
Cuadro 10. Resumen de las condiciones edafoclimáticas y el ciclo del cultivo.....	36
Cuadro 11. Duración y suma mensual de heladas en los cuatro sitios.....	40
Cuadro 12. Pérdida de peso de variedades cosechadas a los 176 DDS.....	55
Cuadro 13. Prueba de Duncan para comparar la longitud (cm) de la panoja, entre localidades.....	61
Cuadro 14. Prueba de Duncan para comparar la longitud de la panoja (cm), entre variedades.....	62
Cuadro 15. Comparación de medias del diámetro de la panoja (cm), entre localidades.....	62
Cuadro 16. Comparación de medias del porcentaje de MS de glomérulos, entre localidades	63
Cuadro 17. Comparación de medias del porcentaje de MS de glomérulos entre variedades..	63
Cuadro 18. Comparación de medias del porcentaje de MS de glomérulos, entre variedades en Sivingani.....	64
Cuadro 19. Comparación de medias del porcentaje de MS de glomérulos de las localidades	

	dentro de las variedades.....	64
Cuadro 20.	Comparación del PG seco (g/panoja), entre localidades.....	65
Cuadro 21.	Comparación de medias del PG seco (g/panoja), entre variedades.....	66
Cuadro 22.	Comparación de medias del peso específico de los granos (g/cc), entre localidades.....	66
Cuadro 23.	Comparación de medias del NG por panoja, entre localidades.....	67
Cuadro 24.	Comparación de medias del NG por panoja, entre variedades.....	68
Cuadro 25.	Comparación de medias del NG por panoja entre variedades, en la E. E. de Belén.....	68
Cuadro 26.	Comparación de medias del NG por panoja de sitios en variedades.....	69
Cuadro 27.	Comparación de medias para el NG de clase 1 (%) por panoja, entre localidades.....	70
Cuadro 28.	Comparación de medias para el NG de clase 1 (%) por panoja entre variedades	70
Cuadro 29.	Comparación de medias del NG de clase 1(%) por panoja, entre variedades en la E. E. de Choquenaira, Condoriri y la E. E. de Belén.....	71
Cuadro 30.	Comparación de medias del NG de clase 1(%) por panoja, entre localidades para las variedades Surumi y Kamiri.....	71
Cuadro 31.	Comparación de medias del porcentaje de NG de clase 2 por panoja, entre sitios.....	72
Cuadro 32.	Comparación del porcentaje del NG de clase 2 por panoja, entre variedades.....	72
Cuadro 33.	Comparación de medias de NG de clase 2 (%) por panoja, entre variedades en los cuatro sitios.....	73
Cuadro 34.	Comparación de medias del NG de clase 2 (%) por panoja, entre localidades para la variedad Kamiri.....	74
Cuadro 35.	Comparación de medias del NG de clase 3 (%), entre localidades.....	74
Cuadro 36.	Comparación del NG de clase 3 (%) por panoja, entre variedades.....	74
Cuadro 37.	Comparación de medias del NG de clase 3 (%) por panoja, entre variedades para los cuatro sitios.....	75
Cuadro 38.	Comparación del NG de clase 4 (%) por panoja, entre variedades.....	76
Cuadro 39.	Comparación de medias del NG de clase 4 (%) por panoja, entre variedades en la E. E. de Choquenaira, Sivingani y la E. E. de Belén.....	77
Cuadro 40.	Comparación de medias del NG de clase 4 (%) por panoja, entre localidades para la variedad Chucapaca.....	78
Cuadro 41.	Correlación y regresión de la precipitación y temperaturas versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Belén.....	89
Cuadro 42.	Correlación y regresión de la precipitación y temperaturas versus el porcentaje del NG de clase 2, Ceac - Condoriri.....	90
Cuadro 43.	Correlación y regresión de la precipitación y temperaturas versus el porcentaje del NG de clase 2, Sivingani.....	90
Cuadro 44.	Prueba de Duncan para el porcentaje de MS de los glomérulos en diez variedades, dos fechas.....	91
Cuadro 45.	Prueba de Duncan del porcentaje de MS de los glomérulos en tres partes de la panoja, tres fechas.....	92
Cuadro 46.	Prueba de Duncan para comparar el peso de grano (g) de las diez variedades, para tres fechas evaluadas.....	93
Cuadro 47.	Prueba de Duncan para el peso de grano seco en gramos, entre las tres partes	

	de la panoja evaluadas.....	94
Cuadro 48.	Prueba de Duncan para comparar el peso específico de los granos (g/cc) entre diez variedades de quinua, para tres fechas evaluadas.....	95
Cuadro 49.	Prueba de Duncan para comparar el peso específico (g/cc) en las tres partes de la panoja a los 126 DDS.....	96
Cuadro 50.	Prueba de Duncan para comparar el NG entre diez variedades de quinua, para tres fechas evaluadas.....	97
Cuadro 51.	Prueba de Duncan para comparar el NG entre las tres partes de la panoja.....	98
Cuadro 52.	Resumen de las diferencias entre los factores y el CV, para el porcentaje de NG de las 4 clases por panoja, evaluadas en 3 fechas.....	99
Cuadro 53.	Prueba de Duncan del NG de clase 1 (%) entre las diez variedades.....	100
Cuadro 54.	Prueba de Duncan del NG de clase 2 (%) entre las diez variedades.....	101
Cuadro 55.	Prueba de Duncan del NG de clase 3 (%) entre las diez variedades.....	102
Cuadro 56.	Prueba de Duncan del NG de clase 4(%) entre las diez variedades.....	103
Cuadro 57.	Comparación del NG de clase 1 (%) en las tres partes de la panoja.....	103
Cuadro 58.	Comparación del NG de clase 2 (%) en las tres partes de la panoja.....	104
Cuadro 59.	Comparación del NG de clase 3 (%) en las tres partes de la panoja.....	105
Cuadro 60.	Comparación del NG de clase 4 (%) en las tres partes de la panoja.....	106

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 01.	Partes del grano de quinua.....	7
Figura 02.	Mapa de los sitios de trabajo de la Red-Quinua (2003 - 2004).....	20
Figura 03.	Comportamiento de la precipitación y temperaturas, en los cuatro sitios de estudio.....	22
Figura 04.	Esquemización de las partes de la panoja.....	28
Figura 05.	a y b Precipitación pluvial, temperatura mínima, máxima y media diaria en la gestión agrícola 2003 - 2004, E. E. de Choquenaira.....	32
Figura 06.	a y b Precipitación pluvial, temperatura mínima, máxima y media diaria en la gestión agrícola 2003 - 2004, E. E. de Belén.....	33
Figura 07.	a y b Precipitación pluvial, temperatura mínima, máxima y media diaria en la gestión agrícola 2003 - 2004, Ceac Condoriri.....	35
Figura 08.	a y b Precipitación pluvial, temperatura mínima, máxima y media diaria en la gestión agrícola 2003 - 2004, Sivingani.....	36
Figura 09.	Número de días con heladas en la E. E. de Choquenaira, Belén, Condoriri y Sivingani, gestión agrícola 03 /04.....	37
Figura 10.	Duración y suma de las heladas gestión agrícola 03/04, E. E. de Choquenaira..	38
Figura 11.	Duración y suma de las heladas gestión agrícola 03/04, E. E. de Belén.....	38
Figura 12.	Duración y suma de las heladas gestión agrícola 03/04, Condoriri.....	39
Figura 13.	Duración y suma de las heladas gestión agrícola 03/04, Sivingani.....	39
Figura 14.	Distribución de frecuencia de heladas en los cuatro sitios.....	41

Figura 15.	Correlación y regresión de la duración vs. la intensidad de las heladas.....	41
Figura 16.	Evolución de la biomasa aérea (MS g/planta) a los 60, 90 y 120 DDS, en los 4 sitios ($m \pm SE$).....	42
Figura 17.	Evolución de la biomasa aérea (MS g/planta) a los 60, 90 y 120 DDS, para los cuatro sitios ($m \pm SE$).....	43
Figura 18.	Porcentaje de plantas afectadas por la helada, en la E. E. de Belén.....	44
Figura 19.	Evolución de la biomasa aérea (MS) a los 60, 90 y 120 DDS, en la E. E. de Choquenaira ($m \pm SE$).....	45
Figura 20.	Porcentaje de plantas afectadas por el granizo, E. E. de Choquenaira ($m \pm SE$).....	46
Figura 21.	Curvas de evolución (NG/panoja) de tres variedades V01 (Chucapaca), V02 (Surumi), V03 (Kamiri), E. E. de Belén.....	47
Figura 22.	Evolución del NG de las cuatro clases (%), E. E. de Belén.....	48
Figura 23.	Evolución del NG total y de las 4 clases por panoja, de las tres variedades de quinua estudiadas en Condoriri.....	49
Figura 24.	Evolución del porcentaje de NG de las 4 clases por panoja, Condoriri.....	50
Figura 25.	Evolución del NG total y de las 4 clases por panoja de las tres, variedades estudiadas en Sivingani.....	50
Figura 26.	Evolución del NG de clase 1, 2, 3 y 4 (%) por panoja, Sivingani.....	51
Figura 27.	Evolución del porcentaje de MS de los glomérulos, desde la FGL hasta la cosecha de 10 variedades de quinua.....	52
Figura 28.	Evolución del peso específico (g/cc) de los granos de 10 variedades de quinua, desde la FGL hasta la cosecha.....	53
Figura 29.	Evolución del peso de grano seco (g/panoja) de 10 variedades de quinua desde la FGL hasta la cosecha, E. E. de Choquenaira.....	54
Figura 30.	Evolución del NG de la panoja principal, E. E. de Choquenaira.....	56
Figura 31.	Evolución del NG de clase 1 por panoja, de las 10 variedades.....	57
Figura 32.	Evolución del NG de clase 2 por panoja, de las 10 variedades.....	58
Figura 33.	Evolución del NG de clase 3 por panoja, de las 10 variedades.....	59
Figura 34.	Evolución del NG de clase 4 por panoja, de las 10 variedades.....	59
Figura 35.	Evolución de los granos (%) de cuatro clases, E. E. de Choquenaira.....	60
Figura 36.	Interacción localidad por variedad del porcentaje de MS de los glomérulos.....	64
Figura 37.	Interacción localidad por variedad del NG por panoja.....	68
Figura 38.	Interacción localidad por variedad del NG de clase 1(%) por panoja.....	70
Figura 39.	Interacción localidad por variedad del NG de clase 2 (%) por panoja.....	73
Figura 40.	Interacción localidad por variedad del NG de clase 3 (%) por panoja.....	75
Figura 41.	Interacción localidad por variedad del NG de clase 4 (%) por panoja.....	77
Figura 42.	Tamaño de grano expresado en cuatro clases (porcentaje por panoja), entre variedades.....	78
Figura 43.	Tamaño de grano expresado en cuatro clases (porcentaje por panoja), entre localidades.....	79
Figura 44.	Evolución del porcentaje de germinación cada 12 horas a 20° y 25 °C ($m \pm SE$)..	80

Figura 45.	Crecimiento radicular cada 12 horas a 20 °C y 25 °C ($m \pm SE$).....	81
Figura 46.	Comportamiento de la precipitación desde la FGL hasta la cosecha.....	81
Figura 47.	Comportamiento de la precipitación desde la FGL hasta la cosecha, Sivingani.....	82
Figura 48.	Comportamiento de la temperatura media desde la fase de grano lechoso (FGL) hasta la cosecha, en los cuatro sitios.	83
Figura 49.	Comportamiento de la temperatura máxima desde la fase de grano lechoso hasta la cosecha, en los cuatro sitios.....	83
Figura 50.	Comportamiento de la temperatura mínima desde la fase de grano lechoso hasta la cosecha, en los cuatro sitios.....	84
Figura 51.	Comportamiento de la precipitación y temperaturas durante el llenado de granos desde la FGL hasta la MF.....	86
Figura 52.	Correlación y regresión de la precipitación versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Choquenaira.....	87
Figura 53.	Correlación y regresión de la temperatura mínima (°C) versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Choquenaira.....	88
Figura 54.	Correlación y regresión de la temperatura máxima (°C) versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Choquenaira.....	88
Figura 55.	Correlación y regresión de la temperatura media (°C) versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Choquenaira.....	89
Figura 56.	Distribución del peso de grano seco (%) en las tres partes de la panoja, para tres fechas.....	94
Figura 57.	Distribución del porcentaje de NG en la parte superior media e inferior de la panoja, para tres fechas evaluadas.....	98
Figura 58.	Porcentaje del NG de clase 1 en las partes de la panoja ($m \pm SE$).....	104
Figura 59.	Porcentaje del NG de clase 2 en las tres partes de la panoja ($m \pm SE$).....	105
Figura 60.	Porcentaje del NG de clase 3 en las tres partes de la panoja ($m \pm SE$).....	106
Figura 61.	Porcentaje del NG de clase 4 en las tres partes de la panoja ($m \pm SE$).....	106

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Partes del grano de quinua.....	7
Fotografía 2. Protección de las panojas con bolsas de tul.....	26
Fotografía 3. Posición de los glomérulos en la panoja.....	28

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Fotografías de los materiales.....	a
Figura 1. Clase textural de los cuatro sitios de estudio.....	d
Figura 2. Notas (N) de las plantas afectadas por la helada, E. E. de Belén.....	g
Figura 3. Notas (N) de las plantas afectadas por el granizo, E. E. de Choquenaira.....	g

Cuadro 1.	Datos climáticos históricos de la E. E. de Belén y Condoriri.....	b
Cuadro 2.	Datos climáticos históricos Viacha y Salinas de Garci Mendoza.....	b
Cuadro 3.	Temperatura y precipitación, E. E. de Choquenaira (2003 -2004).....	b
Cuadro 4.	Análisis de suelo de los cuatro sitios de estudio.....	c
Cuadro 5.	Temperatura y precipitación, E. E. de Belén (2003 -2004).....	d
Cuadro 6.	Temperatura y precipitación, Ceac-Condoriri (2003 -2004).....	d
Cuadro 7.	Temperatura y precipitación, Sivingani (2003 -2004).....	d
Cuadro 8.	Días con heladas en los cuatro sitios de estudio.....	e
Cuadro 9.	Heladas y duración, E. E. Choquenaira y Belén.....	e
Cuadro10.	Duración y Sumatoria de heladas, Ceac - Condoriri y Sivingani.....	f
Cuadro11.	Distribución de frecuencias de heladas (temperaturas iguales y menores a 0° C), en los cuatro sitios.....	f
Cuadro12.	Número de granos en la panoja principal por planta, E. E. de Choquenaira.....	g
Cuadro13.	Número y porcentaje de granos clase 1. 2. 3 y 4, E. E. de Choquenaira.....	g
Cuadro14.	Evolución del número y porcentaje de granos clase 1. 2. 3 y 4. Sivingani, Condoriri y E. E. de Belén, en la panoja principal por panoja.....	i
Cuadro15.	Análisis de varianza para la longitud de panoja y diámetro de la panoja, en los cuatro sitios.....	j
Cuadro 16.	Análisis de varianza y ANVA de efectos simples para el porcentaje de materia seca de los glomérulos.....	j
Cuadro 17.	Análisis de varianza para el Peso específico y Número de granos.....	j
Cuadro 18.	Análisis de varianza y ANVA de efectos simples para el Número de granos (NG/panoja), de los cuatros sitios.....	k
Cuadro 19.	Análisis de varianza y ANVA para efectos simples para el porcentaje del NG de clase 1 (> 2.5 mm) por panoja.....	k
Cuadro 20.	Análisis de varianza y ANVA para efectos simples para el porcentaje del NG de clase 2 (2.5 - 2.0 mm) por panoja.....	k
Cuadro 21.	Análisis de varianza y ANVA para efectos simples para el porcentaje del NG de clase 3 (2.0 - 1.4 mm), de los cuatros sitios.....	l
Cuadro 22.	Análisis de varianza y ANVA para efectos simples para el porcentaje del NG de clase 4 (1.4 - 1.0 mm) por panoja.	l
Cuadro 23.	Análisis de varianza para el porcentaje de germinación y longitud radicular a 25 y 20 °C.....	l
Cuadro 24.	Regresión y correlación del NG de las clases 1, 3 y 4 con la precipitación y temperaturas de los cuatro sitios.....	m
Cuadro 25.	Análisis de varianza para el porcentaje de MS de los glomérulos y el peso de grano seco (g), E. E. de Choquenaira.....	n
Cuadro 26.	Análisis de varianza para el peso específico de los granos (g/cc) y el número de granos, E. E. de Choquenaira.....	n
Cuadro 27.	Análisis de varianza para el porcentaje del NG de clase 1(diámetro >2.5mm) y clase 2 (diámetro 2.5 - 2.0 mm), E. E. de Choquenaira.....	o
Cuadro 28.	Análisis de varianza para el porcentaje de NG de clase 3 (diámetro 2.0-1.4 mm) y clase 4 (1.4 - 1.0 mm), E. E. de Choquenaira.....	o

RESUMEN

En el presente trabajo de tesis se dio énfasis al desarrollo de los granos de la quinua durante la gestión agrícola 03/04, la siembra se efectuó entre septiembre y noviembre del 2003, con una densidad de siembra de 10 kg/ha. El objetivo fue evaluar la maduración de los granos de variedades de quinua en relación con las condiciones climáticas del Altiplano boliviano. La investigación se dividió en dos partes:

La primera fue la evaluación de tres variedades: Chucapaca, Surumi y Kamiri, en cuatro sitios del Altiplano boliviano: La ex Estación Experimental (E. E.) de Belén y la Estación Experimental de Choquenaira de la Facultad de Agronomía de la UMSA, el Ceac - Condoriri (Centro Experimental Agropecuario Condoriri) de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la UTO y la comunidad Sivingani en la zona intersalar de Oruro, cerca al municipio de Salinas de Garci Mendoza.

La segunda fue la evaluación de diez variedades: V₀₁: Chucapaca, V₀₂: Surumi, V₀₃: Kamiri, V₀₄: Huganda, V₀₅: Jiwaki, V₀₆: Agro 2000, V₀₇: Toledo naranja, V₀₈: Real blanca, V₀₉: Toledo rojo y V₁₀: K'ellu, separando los glomérulos y los granos por la proporción posicional (parte superior, media e inferior de la panoja) en la E. E. de Choquenaira, ambas partes del trabajo se realizaron en ensayos establecidos bajo el diseño de BCA, por el proyecto Quinua - IRD - CLIFA (Red - Quinua).

Se evaluó la evolución de la biomasa aérea, así como el crecimiento de los granos, y estadísticamente las variables de respuesta para la cosecha de los cuatro sitios se analizaron con el modelo de bloques al azar repetidos en espacio, y en la E. E. de Choquenaira se analizaron bajo el modelo de bloques con arreglo factorial, para tres fechas de evaluación. Se llegaron a los siguientes resultados y conclusiones principales:

La variación de las condiciones climáticas de los sitios influyeron en la maduración de los granos, la precipitación registrada durante el ciclo agrícola, fue mayor en Choquenaira, seguido por Condoriri, Belén y Sivingani, en relación a la temperatura también existieron diferencias en los cuatro sitios, Sivingani reportó el mayor número de días con heladas 61, seguido por Belén (30 días), Condoriri (29 días) y Choquenaira (20 días). En relación a las condiciones edáficas, Belén presentó mejor fertilidad del suelo con una CIC de 16.4 cmol (+)/kg y un contenido de nitrógeno total de 0.28%, valores altos en relación a los otros sitios, que presentaron 0.05%, 0.06% y 0.02% de nitrógeno total para Choquenaira, Condoriri y Sivingani, respectivamente.

Para la producción de biomasa aérea seca (g/planta) el promedio para tres variedades, esta fue superior en Belén respecto a los otros tres sitios a los 60, 90 y 120 días después de la siembra

(DDS). La biomasa de las diez variedades en Choquenaira presentó diferencias importantes a los 120 días después de la siembra, por efecto del granizo.

Las curvas de evolución de las diez variedades en Choquenaira muestran que a medida que los granos de clase 1 (diámetro >2.5 mm) y 2 (diámetro 2.5 – 2.0 mm) incrementaron, los granos de clase 3 (diámetro 2.0 – 1.4 mm) y 4 (diámetro 1.4 – 1.0 mm) disminuyeron con valores de 0.02%, 7.8%, 79.0% y 41.2% a los 126 DDS a 5.4%, 55.9%, 13.2% y 2.1% a los 167 DDS, respectivamente. Lo mismo ocurrió en los otros sitios de estudio.

En la cosecha final para la mayoría de las variables evaluadas destacó Belén frente a los otros tres sitios, y existió una interacción genotipo ambiente para el tamaño de grano, que varió de 66.8% en Belén a 30.3% de granos de clase 2 en Condoriri.

Para el porcentaje de germinación y crecimiento radicular en laboratorio, no interesa la procedencia de los granos (diámetro > 2.0 mm) ni la variedad, pues no se hallaron diferencias tanto para 20 °C y 25 °C. Pero la temperatura si influyó en la velocidad de crecimiento de las raíces y germinación de los granos, existiendo una relación directamente proporcional de la temperatura con la velocidad de crecimiento de las raíces y el porcentaje de germinación.

Entre la fase de grano lechoso (FGL) y la cosecha Belén presentó condiciones de baja temperatura, en relación a los otros sitios, a pesar de ello las variables de respuesta tuvieron un mejor comportamiento, seguido por Sivingani, Choquenaira y Condoriri que presentaron condiciones más favorables. También en este periodo la precipitación registrada en Sivingani fue 140.8 mm, 57.7 mm en Belén, 64.6 mm en Condoriri y en Choquenaira 80.6 mm, presentando mejores resultados de las variables de respuesta Belén, seguido por Sivingani, Choquenaira y Condoriri.

Cuando las temperaturas disminuyeron el periodo entre la FGL y la cosecha incrementó, es el caso de Belén que registró alrededor de 58 días, con una temperatura mínima de 0.7° C, en cambio Choquenaira y Condoriri con temperaturas mínimas de 2.3 y 1.9° C presentaron un periodo de llenado mas corto alrededor de 44 y 47 días. Pero en Sivingani no ocurrió lo mismo ya que la lluvia (140.8 mm) combinada con buenas temperaturas, prolongaron la fase de grano a 83 días.

En la E. E. de Choquenaira existieron diferencias en la maduración de los granos entre variedades, pues las del Altiplano Sur (Toledo naranja y Real blanca) mostraron en general los valores más bajos. También para las tres partes de la panoja existieron diferencias, pues la parte media y superior mostraron valores altos respecto a la parte inferior de la panoja, a excepción del porcentaje del NG de clase 3 y 4 que fue mayor en la parte inferior de la panoja.

1. INTRODUCCIÓN

El Altiplano boliviano ocupa el 16% del territorio nacional, caracterizado por presentar condiciones climáticas adversas, que reducen la producción agrícola: temperatura media anual inferior a 10 °C y precipitaciones anuales de 150 mm a 800 mm (Montes de Oca, 1997). Sin embargo, el cultivo de la quinua resiste estas condiciones difíciles.

La producción de la quinua para los agricultores del Altiplano boliviano es importante, no solamente porque es un cultivo de seguridad alimentaria, sino porque constituye una fuente de ingresos principalmente para los agricultores del Altiplano Sur. Las fases fenológicas más críticas a las condiciones climáticas adversas (sequía y heladas) y que están directamente relacionadas con el rendimiento en el caso de la quinua son: la floración y la etapa de grano lechoso (Mujica *et al.*, 2001).

Debido a la importancia de la quinua se han realizado muchas investigaciones desde 1954, no obstante resulta necesario conocer referencias sobre la maduración de los granos en relación a sus condiciones ambientales de producción.

El Instituto de Investigación para el Desarrollo (Proyecto Quinua - IRD - CLIFA) creó una red agronómica para la quinua denominado "Red - Quinua", que esta relacionada con el estudio del comportamiento ecofisiológico y aspectos agronómicos con el objetivo de sistematizar toda la información relacionada con el cultivo de la quinua, que en Bolivia esta dispersa y a veces es inaccesible. Para la campaña agrícola 2003 - 2004, formaron parte de la red: las Estaciones Experimental (E. E.) de Choquenaira y E. E. de Belén (UMSA), el Centro Experimental Agropecuario Condoriri (Ceac -Condoriri) de la Universidad Técnica de Oruro (UTO) y un área de la comunidad Sivingani (Municipio de Salinas de Garci Mendoza), con el objetivo general de evaluar la productividad agronómica de 10 variedades de quinua a lo largo del ciclo y el rendimiento en granos.

En el presente trabajo se describe con énfasis al desarrollo del grano, desde la fase de grano lechoso hasta la madurez fisiológica de variedades originarias del Altiplano boliviano para relacionarlas con las condiciones climáticas. La presente investigación tiene dos partes, la primera relacionada con la evaluación de tres variedades de quinua en cuatro sitios del Altiplano boliviano, y la segunda la evaluación de diez variedades

de quinua en la E. E. de Choquenaira, separando los granos procedentes de tres partes de la panoja principal.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar la maduración de los granos de variedades de quinua en relación con las condiciones climáticas del Altiplano boliviano.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la evolución de la biomasa de tres variedades de quinua cultivadas en cuatro sitios, y diez variedades en la E. E. de Choquenaira.
- Determinar la curva de evolución de crecimiento de los granos de diez variedades de quinua, entre la fase de “grano lechoso” y la “cosecha” en la E. E. de Choquenaira, y de tres variedades en la E. E. de Belen, Ceac - Condoriri y Sivingani.
- Evaluar en tres variedades de quinua (Chucapaca, Surumi y Kamiri) cultivadas en la E. E. de Choquenaira, E. E. De Belen, Ceac – Condoriri y Sivingani, el papel de la temperatura y la pluviometría sobre la maduración de los granos.
- Comparar la fase de maduración de los granos en la panoja de diez variedades de quinua en la E. E. de Choquenaira, en relación con la proporción posicional de los granos en la panoja.

1.2. HIPOTESIS

- La variación de las condiciones climáticas del Altiplano boliviano, no influyen en la maduración de los granos en las variedades de quinua.
- No existe diferencia en la maduración de los granos en relación a la proporción posicional (partes) en la panoja, para 10 variedades de quinua en la E. E. de Choquenaira.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen, distribución y centros de producción

Se concluye por los estudios de la mayoría de autores que se basan en los principios de Vavilov, que la quinua es originaria de la altiplanicie de Perú y Bolivia (Mújica *et al.*, 2002).

Bravo (1975), ha llegado a la conclusión de que la quinua y la cañahua, se hallan adaptadas a las condiciones climáticas del Altiplano, siendo así que la quinua desarrolla perfectamente a alturas de 3000 a 4000 m.s.n.m. y la cañahua por ser algo más resistente hasta 4300 m.s.n.m. La quinua se cultiva en la región Andina, se encuentra desde Colombia (Pasto), hasta el norte de Argentina (Jujuy y Salta), en Chile (Antofagasta y Concepción quinuas a nivel de mar). En Bolivia, se distribuye en todo el Altiplano y en los valles de La Paz y Cochabamba. En los departamentos de Oruro y Potosí, se destacan las zonas de los salares de Uyuni y Coipaza (Lescano, 1994), para una producción dedicada a la exportación de quinua orgánica.

Centros de producción.- Los principales productores de quinua a nivel internacional son: Bolivia, Perú, Ecuador, y Colombia. Bolivia con más de 47.534 ha cultivadas y alrededor de 30.412 ton cosechadas (Viñas, 2000). En Bolivia Ordóñez y Morales (1988), reportaron que se cultiva sobre todo en tres departamentos La Paz, Oruro y Potosí, destacándose la zona cercana al lago Titicaca, el lago Poopo y los salares de Uyuni y Coipasa, otros sitios de menor producción se encuentran en los valles de Cochabamba, Chuquisaca y Tarija.

2.2. Características de la Quinua

2.2.1 Fenológicas

Según Lescano (1994), Mujica y Canahua (1989), son 12 las fases fenológicas:

Emergencia: Cuando la planta extiende los cotiledones, pudiendo observarse en los surcos en forma de hilera nítida, ocurre a los 7 a 10 días de la siembra, es susceptible al ataque de pájaros.

Dos Hojas Verdaderas: Cuando aparte de los cotiledones, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que tienen forma romboidal y se encuentran en botón las otras dos hojas, ocurre de los 15 a 20 días de la siembra y las raíces crecen rápidamente.

Cuatro Hojas Verdaderas: Se observa dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledónares de color verde, encontrándose aún en botones foliares el siguiente par de hojas, ocurre de los 25 a 30 días de la siembra, en esta fase es resistente al frío y a la sequía.

Seis Hojas Verdaderas: Presencia de tres pares de hojas verdaderas extendidas, los cotiledones se tornan amarillentos, se notan hojas axilares desde el estadio de formación de botones hasta el inicio de apertura de botones del ápice a la base, ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, se nota una protección del ápice por las hojas más adultas, especialmente a bajas temperaturas.

Ramificación: Cuando las plantas presentan ocho pares de hojas verdaderas extendidas y la extensión de hojas axilares hasta el tercer nudo, los cotiledones se caen. Se nota el inicio de la inflorescencia protegida por hojas sin dejar descubierta la panoja, se observa de los 45 a 50 días después de la siembra. En esta fase la parte sensible a heladas es por debajo del ápice, se produce el “colgado” del ápice en caso de presentarse heladas.

Inicio de Panojamiento: La inflorescencia va emergiendo del ápice, observándose hojas pequeñas aglomeradas alrededor que cubren la panoja en tres cuartas partes, ocurre de los 55 a 60 días después de la siembra. Se nota el amarillamiento del primer par de hojas verdaderas y se da una fuerte elongación del tallo así como el engrosamiento. En esta fase ataca el K'cona k'cona (*Eurisaca melanocapta*) de la fase primera.

Panojamiento: La inflorescencia sobresale con claridad, por encima de las hojas, notándose los glomérulos de la base y los botones florales individualizados, ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra.

Inicio de Floración: Cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra. Esta fase es susceptible a la sequía y heladas.

Floración o Antesis: Cuando el 50% de las inflorescencias se encuentran abiertas, ocurre de los 90 a 100 días. Esta fase es muy sensible resistiendo hasta -1°C , se debe observar a medio día y nunca por la tarde y la mañana debido a que la flor está cerrada. Asimismo las hojas inferiores del tallo se caen.

Grano Lechoso: se da cuando los frutos al ser presionados explotan dejando salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a los 130 días de la siembra. En esta fase el déficit de agua es perjudicial.

Grano Pastoso: Se presenta cuando los frutos al ser presionados, presentan una consistencia pastosa de color blanco, esta fase ocurre de los 130 a 150 días de la siembra. La segunda fase de K'cona k'cona causa daños considerables.

Madurez fisiológica: Cuando al ser presionados los frutos con las uñas, presentan resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a los 180 días de la siembra, el contenido de humedad varía de 14% a 16% es la época de cosecha. El lapso comprendido desde la floración hasta la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado de granos.

2.2.2. Morfológicas

La quinua es una planta autógama anual y dicotiledónea de raíz pivotante, el tallo es cilíndrico y anguloso, sus hojas son simples, alternas y cubiertas por papilas (Gandarillas, 1979).

Descripción botánica

Raíz: Es fasciculada, con una profundidad de 0.5 a 2.8 m según el ecotipo, profundidad y tipo de suelo, en relación con la altura de la planta (Tapia, 1997).

Tallo: El tallo es de sección circular cerca de la raíz y angular a la altura donde nacen las ramas y hojas, de corteza dura con la medula suave cuando la planta es tierna y seca de textura esponjosa en la madurez. Según (Tapia, 1997), en relación con el desarrollo de las ramificaciones se encuentran plantas con un tallo principal y ramas laterales muy cortas (ecotipos del Altiplano) o con todas las ramas de igual tamaño (ecotipos de valle).

Hojas: Son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son romboidales, mientras que las superiores en general alrededor de la inflorescencia, son lanceoladas (Nelson 1968, citado por Tapia, 1997). La hoja tierna tiene una lamina cubierta de una pubescencia granulosa vesiculosa que varía de blanco a rojo – púrpura, generalmente en el envés y a veces en el haz (Tapia, 1997). Gandarillas (1979) indica que algunas variedades no presentan pubescencia en las hojas.

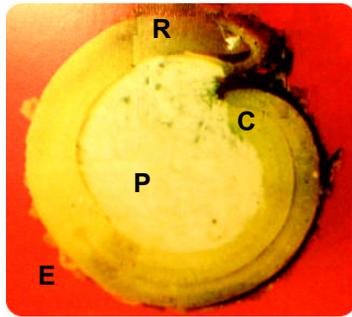
Inflorescencia: Tapia (1997), indica que Cárdenas (1969), clasifica las panojas en dos tipos, glomerulada y amarantiforme. Las amarantiformes pueden ser laxas o compactas. Su inflorescencia, se denomina panícula. Según el tipo de la panoja se agrupa a todas las quinuas en amarantiformes, glomeruladas e intermedia. En una misma inflorescencia se pueden presentar flores hermafroditas, en general terminales y femeninas (Mujica *et al.*, 2001).

Flores y fruto: Existen flores hermafroditas, generalmente terminales y femeninas o pistiladas en una misma inflorescencia (Tapia, 1997). La proporción de flores pistiladas varía según los ecotipos. Según Tapia (1997), Rea (1969) estudió 40 introducciones de Perú, Ecuador y Bolivia, observando más de 240 flores de 102 plantas por introducción. Concluyó que la quinua presenta una gran variación sexual y cuando se presentan flores hermafroditas con poco polen, tiene tendencia a la esterilidad masculina, pudiendo haber individuos totalmente alógamos y otros ocasionales.

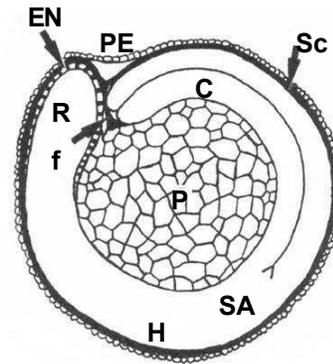
El fruto de la quinua es un aquenio; el perigonio cubre una sola semilla y se desprende con facilidad al frotarlo. A su vez la semilla está envuelta por un epispermo casi adherido de diferentes colores según la variedad (Tapia, 1997), en la fotografía y figura 1 se pueden distinguir las diferentes partes de el grano de la quinua. Tapia (1997) cita a Villacorta y Talavera (1976), quienes estudiaron el epispermo y describen cuatro capas:

- Una capa externa que determina el color de la semilla de superficie rugosa, quebradiza y seca que se desprende con el vapor. En esta capa se presenta la saponina y se encontró de 0.0% hasta 1.2 % (Wahli, 1990 citado, por Chipana 1992).
- La segunda capa que es de diferente color se observa cuando la primera capa es translúcida.
- La tercera capa es una membrana de color amarillo, delgada y opaca.

- La cuarta capa es translúcida, formada por una hilera de células que cubren el embrión.



E: epispermo.
C: cotiledones.
P: perisperma.
R: radícula;
(Tagle y Planella, 2002)



PE: Pericarpio
EN: Endosperma; Sc: Cubierta de la semilla;
C: Cotiledones;
H: Hipocotilo;
SA: Ápice del meristemo; R: Radícula;
P: Perisperma
f: funículo.
(Mújica *et al.*, 2001)

Fotografía 1. Partes del grano de quinua.

Figura 1. Partes del grano de quinua

2.2.3. Fisiológicas

La quinua ha sido clasificada, como una planta de tipo C3 considerándose entre aquellas que fijan el CO₂ por medio de la enzima RuDP-Carboxilasa. Esta determinación se realizó en base al tipo anatómico de las hojas, fundamentalmente por la ausencia de la vaina de los haces y la presencia bien definida del parénquima clorofiliano de empalizada (Zvietcovich, 1976 citado por Tapia, 1979).

Gandarillas (1979), afirma que el carácter amargo o contenido de saponina estaría determinado por un simple gen dominante. Sin embargo, la presencia de una escala gradual de contenido de saponina indicaría más bien su carácter poli-génico.

2.2.3.1. Producción de biomasa

El crecimiento de un cultivo es el producto de la división celular y alargamiento celular de los órganos diferenciados. Resultado de la producción, transporte y acumulación de fotoasimilados y nutrientes (Miralles *et al.*, 2004). Estas mediciones se suelen hacer a través del ciclo de vida del cultivo a intervalos regulares y adecuados a los patrones de crecimiento de la especie estudiada; el secado debe realizarse hasta alcanzar un peso constante en un horno de circulación a aire, para luego dejar enfriar y pesar en balanza de precisión (Roberts *et al.*, 1988, citado por Auza, 2003).

Para el caso de la quinua Gutiérrez (2003), encontró diferencias en la evolución de la biomasa por planta entre los 49 y 89 DDS al comparar dos variedades, pero a partir del último punto hasta los 149 DDS la variedad Surumi desarrollo más biomasa (43 g/planta) que la variedad blanca de Yanamuyu (18 g/planta) en condiciones de la E. E. de Choquenaira

2.3. Factores ambientales y desarrollo de la quinua

2.3.1. Requerimientos Climáticos

En el cuadro 1 se presenta los requerimientos de precipitación y temperatura para la quinua. Las quinuas del Altiplano boliviano se producen bajo condiciones variables: puede haber condiciones climáticas favorables como alrededor del lago Titicaca con una precipitación superior a los 400 mm (Tapia, 1997).

Cuadro 1. Requerimientos de precipitación y temperatura, de la quinua de acuerdo al grupo agro ecológico.

Grupo agro ecológico	Precipitación (mm)	Temperatura mínima (° C)
Valle	700 – 1500	3.0
Altiplano	400 – 800	0.0
Salares	250 – 400	-1.0
Nivel del mar	800 – 1500	5.0
Yungas	1000 – 000	7.0

Fuente: Tapia (1997).

Las quinuas de los salares al sur de Bolivia, están adaptadas a condiciones xerofíticas y se posibilita su desarrollo inicial sin lluvias, únicamente con la humedad del suelo en los hoyos cavados al momento de la siembra. El sistema de cultivo de quinua en esta área sigue un sistema de producción muy especial. Después de la cosecha el suelo queda en descanso de 1 a 8 años, disminuyéndose últimamente con efectos negativos en la fertilidad del suelo (Risi, 1994 citado por Tapia, 1997), debido a un cultivo frecuente.

2.3.2. Sequía y mecanismos de resistencia

El SENHAMI citado por (García, 1991) define a la sequía desde tres puntos de vista:

Sequía Meteorológica, se considera que se presenta cuando la precipitación, es menos que la esperada, para una zona amplia y durante un largo periodo.

Sequía Hidrológica, ocurre cuando hay un déficit continuo en la escorrentía de superficie y alcanza esta un nivel inferior a las condiciones normales, o cuando disminuye el nivel de las aguas subterráneas, causando el déficit de agua para que la producción sea eficaz.

Sequía Agrícola, ocurre cuando la cantidad y distribución de lluvias, las reservas de agua del suelo pérdidas por evaporación, se combinan para causar disminuciones considerables, en el rendimiento de los cultivos y del forraje para el ganado.

Ramos (2000), cito a Parsons (1988), quien define la sequía como cualquier periodo durante el cual las deficiencias de agua del suelo afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas. La sequía puede afectar la planta en cualquier etapa fenológica de su desarrollo, esta situación disminuye el rendimiento de sus órganos útiles para el hombre (Mújica y Jacobsen, 1999).

La quinua se comporta de manera excepcional en sus reacciones fisiológicas, en respuesta al déficit hídrico, funcionando como una planta de desierto, cuya estrategia de respuesta a la sequía es el constante consumo por medio de la apertura de estomas, constante producción de materia seca y elevado potencial foliar, sin detener la absorción de agua (García, 1991).

2.4. Heladas

Ruiz (1996), la helada blanca se produce cuando hay alta humedad relativa y se alcanza el punto de rocío. En este tipo de heladas el vapor de agua se condensa y se congela sobre el área de las hojas, por un cambio de fases que produce desprendimiento de calor por lo que la temperatura del ambiente se enfría lentamente.

El mismo autor indica que cuando el aire es seco y la temperatura de rocío no se alcanza, se produce una helada negra. En las heladas negras el vapor de agua no se congela, pero si el agua de los tejidos de los órganos de la planta y la temperatura del aire desciende rápidamente ya que no hay vapor de agua atmosférico que atenué, al salir el sol se produce evaporación súbita de hielo, que ocasiona quemaduras o manchas necróticas en el follaje

Las heladas pueden también ser clasificadas como tardías y tempranas: así De Fina y Ravelo (1979), afirman que las heladas tardías se presentan después del invierno, que coinciden con la primavera, ocasionan daños en la etapa inicial del crecimiento de los cultivos. Las heladas tempranas se presentan antes de que se inicie la estación de invierno ocasionando daños especialmente en las etapas de floración, fructificación y maduración.

2.4.1. Tolerancia a las heladas

La tolerancia a las heladas en la quinua se debe a la capacidad de acumular azúcares solubles, prolina y proteínas en las hojas, para defenderse de las bajas temperaturas. La capacidad de sobre enfriar es un mecanismo inicial para evitar el daño inmediato producido por las bajas temperaturas (Montero y Jacobsen, 1999).

Mújica *et al.* (1999) citado por Nina (2003), indican que la quinua presenta resistencia al frío y a la sequía, por estar producido en zonas donde imperan estos factores adversos y esta resistencia se debe a modificaciones como: morfológicas (reducción del tamaño), fisiológicas (plasticidad en el desarrollo), fenológicas (alargamiento y tolerancia), bioquímicas (acumulación de azúcares solubles).

2.4.2. Índices agrotérmicos

Unidades calor o constante térmica, son las temperaturas acumuladas durante el año agrícola o estación de crecimiento (Michel, 2002). Este concepto postula que el crecimiento y desarrollo de un cultivo depende de la cantidad de calor que este recibe, esto quiere decir que un cultivo alcanzara una determinada etapa fenológica cuando haya recibido cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello (Hodges y Doraiswamy 1979, citado por Mariscal, 1992); las unidades calor o grados día son conocidas también como integral térmica. Ledesma (2002) indica que es la cantidad de calor medida en grados de temperatura que necesita cada vegetal para cumplir su ciclo de vida.

Mariscal (1992), reporta varios métodos para determinar las unidades calor (directo, residual, fisiológico, etc.); sin embargo el consenso de la mayoría se inclina hacia el

método residual que en general ha sido el más consistente según Itawa (1975) citado por Mariscal (1992).

Defina y Ravelo (1979) describen que el **método directo** consiste en la adición de temperaturas medias diarias, sin tomar en cuenta aquellos valores bajo cero grados. Este método es conocido también como “Suma de temperaturas”. Es así que Ledesma (2000), indica que este método consiste en sumar las temperaturas medias diarias positivas durante un intervalo de tiempo.

Método residual, consiste en restar a la temperatura efectiva útil la temperatura cero vital¹ (Defina y Ravelo, 1979); para calcular unidades calor por este método, se emplea la siguiente fórmula básica (Shaw 1977, citado por Mariscal 1992).

$$UC = \sum_{i=1}^n ((T_{\max} + T_{\min})/2) - T_{\text{base}}$$

Donde:

UC = Unidades calor (°C) Tmax, Tmin = Temperatura máxima y mínima (°C).
 T base = Temperatura base (°C) i = Días 1, 2, 3 n.

La temperatura base en el caso de la quinua varía; en el cuadro 2 podemos ver la temperatura base de algunos cultivos.

En un estudio realizado en Chile para la quinua; Bertero y Hall (1994) citados por Berti *et al.*, (1997), utilizaron la temperatura base de 6.9 °C desde la siembra a la floración y 5.8 °C desde la floración hasta la cosecha.

Cuadro 2. Temperatura base y óptima para algunos cultivos.

CULTIVO	T. BASE (°C)	T. OPTIMA (°C)
TRIGO	5	25
MAIZ	10	30
SORGO	15	35
QUINUA	3	12
PAPA	5	17

Fuente: Mariscal, 1992

¹ La mayoría de las especies comienzan a crecer por encima de esta temperatura, todas las temperaturas menores a 6 grados centígrados no son útiles (Defina y Ravelo, 1979).

Imaña² (2005), en una entrevista señaló que utilizaron 4 °C como temperatura base para la quinua en la fase vegetativa. Por otro lado, Bosque (1994), indica 3 °C como temperatura base para la quinua.

Días con heladas, son el número de días de un periodo, que se registran temperaturas iguales o inferiores a 0 °C. Las heladas tardías en primavera son las mas perjudiciales para las plantas que inician su actividad, las heladas tempranas u otoñales afectan a cultivos tiernos o inmaduros (Michel, 2002).

2.4.3. Fases fenológicas susceptibles a heladas y sequía en quinua y otros cultivos.

Desde la fase de emergencia hasta la etapa de 5 hojas alternas, la plántula muestra resistencia al frío y sequía (Mújica y Canahua, 1989).

Mujica y Canahua (1989), indican que en el inicio del panojamiento, la inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta; observándose alrededor aglomeración de hojas que cubren a la panoja en sus tres cuartas partes y finalmente sobresalen notándose los glomérulos. En esta fase es medianamente susceptible a las heladas.

Bonifacio (1989), indica que la fase de prefloración y de floración es muy sensible a las heladas pudiendo resistir hasta -1 °C. Canahua y Rea (1979), señalan como critica a la fase de panojamiento y floración a la helada de -3 °C.

Catacora y Canahua (1992) citados por Mamani (1998), estudiaron la resistencia a las heladas en diferentes cultivos, consideran para la quinua -16.5 a -18.5 °C como limite de temperatura mínima que puede soportar en las primeras etapas. El mismo autor cito a Le Tacon *et al.* (1991) que admiten -5 °C como una temperatura limite para la quinua, afirma también que existen variedades de quinua que resisten temperaturas mucho más bajas en estado de plántula.

Según Mamani (1998), a partir de la fase de grano lechoso hasta la fase de madurez fisiológica, la planta de quinua no muestra susceptibilidad a las heladas, al contrario contribuyen al llenado de granos. Sin embargo en un ensayo realizado en Choquenaira,

² Imaña, E. 2004. Unidades calor y temperatura base (entrevista). LP, Bolivia. SENAMHI regional La Paz

Alcón (2005), encontró que una helada negra ocurrida a 116 días después de la emergencia, algunas semanas antes de la cosecha, causo arqueado de tallos, aceleración en el secado de las hojas, panojas y tallos y aborto de granos en la variedad Surumi que se encontraba en la fase de grano lechoso.

Butler (1948), afirmó que los granos de trigo en estado lechoso son mas susceptibles que los que se encuentran en etapas mas avanzadas de desarrollo, pero ocurre daños siempre y cuando haya abundante humedad en el grano, ocasionando arrugas en la fase de grano lechoso y rajaduras en granos mas maduros. Langer y Olugbeni (1970), observaron que la exposición de los granos a heladas de $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 3 horas, dos semanas después de la antesis provoca una disminución significativa del número promedio de granos de trigo por espiga

2.4.4. Resistencia de la quinua a las sales

Es importante el estudio de la salinidad, puesto que 1/3 de las tierras arables del mundo son áridas o semiáridas, y la mitad de las regiones áridas con riego están afectadas por la salinidad. La mayor producción mundial de quinua se da en la zona de los salares de Bolivia, donde se obtiene en promedio 1 t ha^{-1} de quinua de calidad, con tecnologías ancestrales propias y adecuadas para estas condiciones (Mújica *et al.*, 2000).

El mayor rendimiento de grano y materia seca en quinua, según Cari (1978) se obtiene entre el rango de salinidad de 2.1 a 4.0 mS cm^{-1} , ubicándose el rango de concentración letal para la quinua por encima 8.1 a 16.0 mS cm^{-1} .

Jacobsen *et al.* (1999) concluyeron que la germinación de genotipos de quinua tolerantes a la sal fue mayor a 75% en concentraciones de 0.6 M de NaCl (57 mS cm^{-1}) después de 7 a 6 días de la siembra. Lo cual indica que la sal retrasa los mecanismos fisiológicos y bioquímicos implicados en la etapa inicial de la germinación.

2.5. Maduración de granos de quinua y otros cultivos

Para cualquier cultivo considerado, la dinámica de acumulación de materia seca en el grano puede dividirse en tres etapas. La primera etapa (Fase 1) se denomina fase "lag" y en ella se produce una rápida división celular en la cual el peso individual del grano se

incrementa muy levemente. Durante la segunda etapa (fase 2), denominada de crecimiento lineal, hay una marcada acumulación de biomasa en el grano y se definen aquellos componentes que comercialmente hacen valioso al grano. La tercera etapa (fase 3) comienza a partir de la madurez fisiológica y durante este último periodo la tasa de crecimiento del grano es nula ("plateau"), alcanzando el mismo su máximo peso seco (Miralles *et al.*, 2004 citado por Satorre *et al.*, 2004).

En el momento de la madurez fisiológica, el sistema vascular del óvulo que conecta la planta con la semilla (el funículo) se rompe, debido a la formación de un nivel de abscisión, y por primera vez, la semilla se constituye en una unidad independiente (Browne, 1978). Para el maíz Daynard y Duncan (1969) y en sorgo Eastin, Hultquist y Sullivan (1973), identificaron una capa negra sellante, que se desarrolla en la base del óvulo, proporcionando una indicación útil del momento en que ocurre la madurez fisiológica.

Otros investigadores como Wahab y Burris (1971); Delouche (1974); Tekrony *et al.* (1980) coinciden en manifestar que la madurez fisiológica en soja coincidiría con la máxima calidad de la semilla y podría referirse como el momento en que ocurre la máxima acumulación de materia seca. Sin embargo Andrews (1966) sugirió, que la madurez fisiológica debería juzgarse en términos de máxima viabilidad, vigor y peso seco de la semilla.

Myers y Fisk (1992), mencionan que en el amaranto (*Amaranthus sp.*) se relacionó la opacidad y translucencia externa de la semilla, con la viabilidad y acumulación de materia seca del grano. Para el maíz (*Zea mays* L.) Berti *et al.* (1997) cito a Shaw y Tom (1951), quienes indican que la madurez coincide con el momento en que alcanzan el máximo peso seco en la semilla. En la avena (*Avena sativa* L.) el peso seco máximo de la semilla se presenta cuando el contenido de humedad del grano es de aproximadamente 45 % (Frey *et al.*, 1958 citado, por Berti *et al.*, 1997).

En quinua, Chipana (1992) encontró en la madurez fisiológica óptima las siguientes características: de 30% - 40% de humedad en las semillas, entre 57% - 64% de humedad en los tallos, de 66 a 70 kg/hl y entre 68 a 69 g de materia seca por 100 g de muestra en 6 variedades.

2.5.1. Características del grano e influencia ambiental

Lescano (1994), cito a Arze *et al.* (1977) quien indican que en el Altiplano peruano se realizó un muestreo de las zonas productoras de quinua, sectorizándose el Altiplano de Puno con dos criterios: El primero “Influencia circunlacustre” dividida en anillo lacustre a orillas de lago Titicaca, zona intermedia cerca del lago y zona altiplánica alejada del lago; el segundo criterio “precipitación anual” dividiendo dos sitios delimitados por la isoyeta 600 mm (una al norte con mayor precipitación y la segunda al sur con menor precipitación). El resultado es que la comparación sectorizada presenta una gradiente creciente para el tamaño de grano y decreciente para el peso hectolitrito del anillo circunlacustre hacia la zona de menor influencia del lago y no se encontraron diferencias para la división por la isoyeta 600 mm.

Grace (1985), Aguilar y Jacobsen (2003), citados por Correa (2005), el rendimiento y el tamaño de grano de quinua, principales determinantes de su calidad comercial, son los dos principales criterios de selección en el mejoramiento de la especie. Los sistemas tradicionales de producción de quinua se desarrollan a lo largo de un rango de toposecuencias y latitudes en una vasta gama de ambientes sumamente complejos en términos de variabilidad en los factores ambientales que afectan los rendimientos de calidad.

2.5.2. Relación de la maduración de la semilla con la temperatura y el agua

La duración del llenado de granos es influida por las condiciones medioambientales y las variaciones genéticas en la mayoría de los cultivos; la duración del llenado de los granos en la mayoría de los cultivos aumenta en relación con una disminución de la temperatura por debajo de los 30 °C. Un estrés hídrico durante esta fase aumenta el envejecimiento de las hojas y acorta el periodo de llenado de los granos (Egli, 2004).

Talbert *et al.* (2000), indican que el tiempo y duración del periodo de llenado de granos, al parecer esta asociado con el rendimiento en cereales, cuando ocurre el déficit hídrico durante la maduración. Para Hill (1970), las condiciones ambientales, especialmente las temperaturas extremas y el suministro limitado de agua durante el desarrollo de la semilla parecieran ser importantes en el rendimiento definitivo de la semilla.

Thorne *et al.* (1968), mencionan que el periodo de maduración se acortó cuando las temperaturas fueron más altas que bajas, es así que, para el trigo el tiempo de maduración fue 53 días a 20 °C, mientras que a 15 °C la duración fue 83 días. Wood *et al.* (1978), Gustafsoon y Wettstein (1969) citados por Wood *et al.* (1978) y Spiertz (1977) también indican que el tiempo para alcanzar la madurez disminuye al aumentar la temperatura.

Suprimiendo el riego hasta la marchites en diferentes fases fenológicas, para compararlas con un testigo con riego controlado de tal forma que la humedad del suelo se encontró siempre entre $9.5 \pm 2.5\%$ de humedad gravimétrica es decir alrededor de capacidad de campo, Huiza (1994) encontró que las plantas de quinua testigo presentaron una duración de la FGL y fase de grano pastoso (FGP) de 46 días, en cambio en aquellas plantas que se suprimió el riego en FGL la duración de la FGL y FGP se redujo 36 días, y en aquellas plantas que se suprimió el riego en la FGP el tiempo que duró la FGL y FGP fue de 37 días.

2.6. Importancia de la quinua

La importancia de la quinua radica en su valor alimenticio para el ser humano, ya que se puede preparar de varias formas. En la alimentación animal se han realizado estudios casi completos sobre su utilización en animales como: conejos, cerdos, aves, ovinos y vacunos. En la industria la panificación, es la más importante en Perú. También en Bolivia se industrializa como pan, fideos y galletas (Bravo, 1975).

En el campo de la nutrición tiene especial significancia pues aporta un alto porcentaje de proteínas y calcio. Valor nutritivo relacionado con el tamaño del embrión en el grano. Asimismo en un análisis de 18 líneas se estableció un rango de variación de 10% a 19% de proteínas, el valor calórico promedio fue 350 calorías por 100 gramos y proporcionan también hierro y vitamina B (Lescano, 1994). En algunas partes del Norte de los Andes la quinua se considera como un alimento de bajo estatus social. Sin embargo en EEUU, Europa occidental e Inglaterra es comercializado como un alimento de altas cualidades nutritivas (Galwey, 1993) y su cultivo orgánico aumenta su valor.

El cuadro 3, muestra el valor nutritivo de la quinua y de otros cultivos andinos, donde el contenido de proteína es importante y varía de acuerdo a la variedad genética, la edad

de maduración de la planta, la localización del cultivo y la fertilidad del suelo. El contenido de proteínas y grasas de estos granos es más alto que el de los cereales como el trigo que presentan un 8,6% (Tapia *et al.*, 2001).

Cuadro 3. Valor nutritivo de la quinua, cañahua y tarwi en g/100g de grano.

COMPONENTES	QUINUA	CAÑAHUA	TARWI
MATERIA SECA	84.4	90.2	89.5
PROTEINAS	14.2	15.2	40.0 – 48.0
GRASAS (%)	5.1	8.4	20.0
CARBOHIDRATOS	59.7	58.6	20.0
CENIZAS	3.4	3.4	2.8
FIBRA	4.1	3.8	7.3

Fuente: Lescano (1994), citado por Marin (2002).

2.7. Atributos de calidad del grano de quinua

2.7.1. Atributos físicos

Peso volumétrico: Es el peso en Kilogramos de un determinado volumen de granos, se refiere al peso de un hectolitro (100 litros), es una característica que refleja el grado de desarrollo de la semilla. Sirve para evaluar la calidad de la semilla. El peso hectolitro esta influenciado por el tamaño, forma, densidad y contenido de humedad; cuanto menor es la semilla, mayor es su peso volumétrico (Espinoza, 1996).

Para los granos de quinua, Soria y Peñaloza (1988), reportaron de 60.4 a 64.8 Kg/hl; Contreras y Amusquívar (1992), para genotipos provenientes del Sur encontraron valores entre 73.0 a 84.0 kilogramos por hectolitro.

Peso de 1000 granos: En general es la característica utilizada para informar el tamaño y el peso de las semillas y granos. Conociendo el peso de 1000 semillas y por consiguiente el número de granos por kilogramo, será fácil determinar el peso de la semilla a ser utilizado por área en la siembra (Espinoza, 1996).

Popinigis (1985), citado por Chipana (1992), llego a la conclusión que el valor máximo del peso de 1000 semillas se da cuando los granos de avena y sorgo llegan a la maduración presentando 22 a 30% de humedad respectivamente; asimismo el máximo valor de materia seca determina un eficiente vigor y germinación de las semillas. Esto indica el punto de madurez fisiológica.

Wahli (1990) citado por Chipana (1992), indica que en quinua existe una correlación entre el tamaño y el peso del grano, pues se encontró que para 100 granos de quinua el peso vario de 0.25 g a 0.30 g. Contreras y Amusquívar (1992) para 18 genotipos encontraron valores para el peso de 1000 granos entre 1.90 g a 5.20 gramos.

En un estudio en diferentes localidades, López (2000) encontró en Choquenaira: 2.26, 3.00 y 3.76 g para el peso de mil granos en las variedades Chucapaca, Real y kamiri respectivamente y en Belen 3.03, 3.10, y 2.43 g respectivamente para las mismas variedades.

Humedad: Espinoza (1996), indica que la humedad de las semillas es la cantidad de agua contenida en ellas y expresada en porcentaje en función a un peso húmedo, la humedad determina el punto de cosecha y afecta el proceso de germinación de las semillas. Soplin (1981), propone la siguiente formula para calcular el porcentaje de humedad.

$$\%H = \frac{(PH - PS)}{PH} \times 100$$

Donde:

%H = Base húmeda.

PH = Peso húmedo fresco de la muestra.

PS = Peso seco de la muestra.

Daños mecánicos: Relacionado con las semillas que al ser manipuladas están sujetas a daños mecánicos (golpes en la semillas). A causa de las cosechadoras o trilladoras que a pesar de estar perfectamente reguladas, pueden afectar la calidad de las semillas (Espinoza, 1996).

2.7.2. Atributos fisiológicos

Germinación: La germinación es definida como la emergencia y el desarrollo de las estructuras esenciales del embrión, manifestándose su capacidad para dar origen a una plántula normal, sobre condiciones ambientales favorables (Espinoza, 1996).

Chipana (1992), encontró que la germinación en promedio para seis variedades incremento, de 88.50% para semillas cosechadas a los 122 DDS, a 96.17% para semillas cosechadas a los 178 días después de la siembra (DDS).

Vigor: El vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de germinación, así como emergencia de la plántula (Espinoza, 1996).

2.8. Clasificación por el tamaño de grano

Feistritzer (1985), define a la clasificación de la semilla como el proceso mediante el cual, se consigue cierta uniformidad por sus características externas.

El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad IBNORCA (2002), mediante una norma NB 312004, realiza una clasificación por el diámetro del grano, donde determina cuatro clases como se presenta en el cuadro 4.

Cuadro 4. Clases de grano en quinua (por el diámetro del grano en mm).

Clase	Tamaño de los granos	Diámetro de los granos (mm)
Especial	Extragrandes	Mayores a 2.20
Primera	Grandes	Entre 1.75 a 2.20
Segunda	Medianos	Entre 1.35 a 1.75
Tercera	Pequeños	Menores a 1.35

Fuente: IBNORCA (2002).

Espíndola (1980) citado por López (2000), clasificó al grano de la quinua en grande (>2.10 mm), mediano (1.80 - 2.00 mm) y pequeño (<1.80 mm); Rojas (1998) determinó el diámetro de grano en quinua entre 1.36 a 2.66 mm. Cajoya (1996) en condiciones ambientales de Patacamaya estableció que el diámetro fluctuó entre 1.20 a 2.56 mm, y el encontró en promedio para tres variedades 1.64 mm y 1.90 mm para Choquenaira y Belén respectivamente.

Al realizar la clasificación de granos de dos variedades de quinua, en la E. E. de Choquenaira, Rodríguez (2005) encontró para la variedad Surumi una predominancia del grano entre 2.0 a 2.5 mm. Por otro lado Alcón (2005) encontró que entre el 76% a 87% de los granos presentaba un diámetro entre 1.40 a 2.50 mm, de 4 a 21% un diámetro mayor a 2.50 mm y menor a 10% un diámetro menor a 1.40 mm.

3. LOCALIZACIÓN

3.1. Ubicación geográfica

La investigación sobre la evaluación de la maduración de los granos fue desarrollada en cuatro sitios que forman parte de la Red - Quinoa, los sitios donde se realizó la investigación se muestran en el Cuadro 5 donde se indica su ubicación geográfica.

Cuadro 5. Ubicación geográfica de los cuatro sitios de la Red- Quinoa.

Características de los sitios	E. E. de Belén	E. E. de Choquenaira	Ceac - Condoriri	Sivingani
Dpto.	La Paz	La paz	Oruro	Oruro
Provincia	Omásuyos	Ballivián	Cercado	Lasdilao Cabrera
Comunidad	Belén	Choquenaira	Condoriri	Sivingani
Latitud	16°03'25" LS	16° 41'0" LS	17° 31'41" LS	19°37' LS
Longitud	68° 41'45" LO	68°15'54" LO	67° 14'02" LO	67°43' LO
Altitud	3820 m. s. n. m.	3850 m. s. n. m.	3879 m. s. n. m.	3724 m. s. n. m.
Capitales Cercanas	Achacachi	Viacha	Caracollo	Salinas de Garci Mendoza

Ceac= "Centro Experimental Agropecuario Condoriri", dependiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Veterinarias de la UTO; E. E.= Estación Experimental; Dpto. = Departamento

En la Figura 2, se observa el mapa de Bolivia señalada con los cuatro centros de investigación de la **Red- Quinoa** en el Altiplano boliviano.



1. E. E. DE BELÉN
2. E. E. DE CHOQUENAIRA
3. CEAC – CONDORIRI
4. SIVINGANI

Figura 2. Mapa de los sitios de trabajo de la Red-Quinoa (2003-2004).

3.2. Características de los cuatro sitios de la Red-Quinua

En el Cuadro 6, se describe algunas características de los cuatro sitios referidos a la precipitación, temperatura media anual y la textura del suelo.

Cuadro 6. Características climáticas y edáficas de los sitios de la Red- Quinua.

	E. E. de Belen	E. E. de Choquenaira	Ceac-Condoriri	Salinas de Garci Mendoza
T. media anual(°C)	9.0	8.0	9.8	5.7
pp anual (mm)	475	619	439	190
Características Del Suelo	Textura de franco arcillosa a franco, para 97 cm de perfil. (Rojas, 1997)	Callisaya (1994), indica que el suelo tiene textura arcillo limosa a franco arcillo limosa.	Textura de franco franco arenosa a franco arcillosa.	Textura variada de arenoso a franco arenoso con piedras y sales (MACA,1998)

En la Figura 3, los Cuadros 1 y 2 de anexos, presentan los datos históricos de 15 años de temperatura y precipitación de la E. E. de Belen y Viacha, Condoriri (18 años) y Salinas de Garci Mendoza (10 años).

La E. E. de Belén presenta una precipitación anual de 480.7 mm, con una temperatura mínima absoluta de -15.0 °C, una temperatura máxima absoluta 27.2 °C, la temperatura ambiente 7.1 °C y el número de días con heladas 169; el mes más lluvioso es enero con 102.2 mm y el más seco julio con 6.0 mm.

La zona de Viacha presenta una precipitación anual de 588.4 mm el mes más lluvioso es enero con 131.4 mm. Asimismo, la temperatura mínima absoluta es -17.0 °C y la máxima absoluta 23.6 °C, el número de días con heladas es de 172 y la temperatura media anual es 8.0 °C (Figura 3).

Condoriri presenta una precipitación anual de 402.3 mm el mes más lluvioso es enero con 83.4 mm, la temperatura media ambiente anual es 10.2 °C las temperaturas más altas se presentan en los meses de octubre a marzo.

Salinas de Garci Mendoza presenta una precipitación anual de 332.0 mm, el mes más lluvioso es enero con 111.9 mm, las temperaturas máxima, mínima y media anual son 16.7 °C, -1.4 °C y 7.8 °C respectivamente.

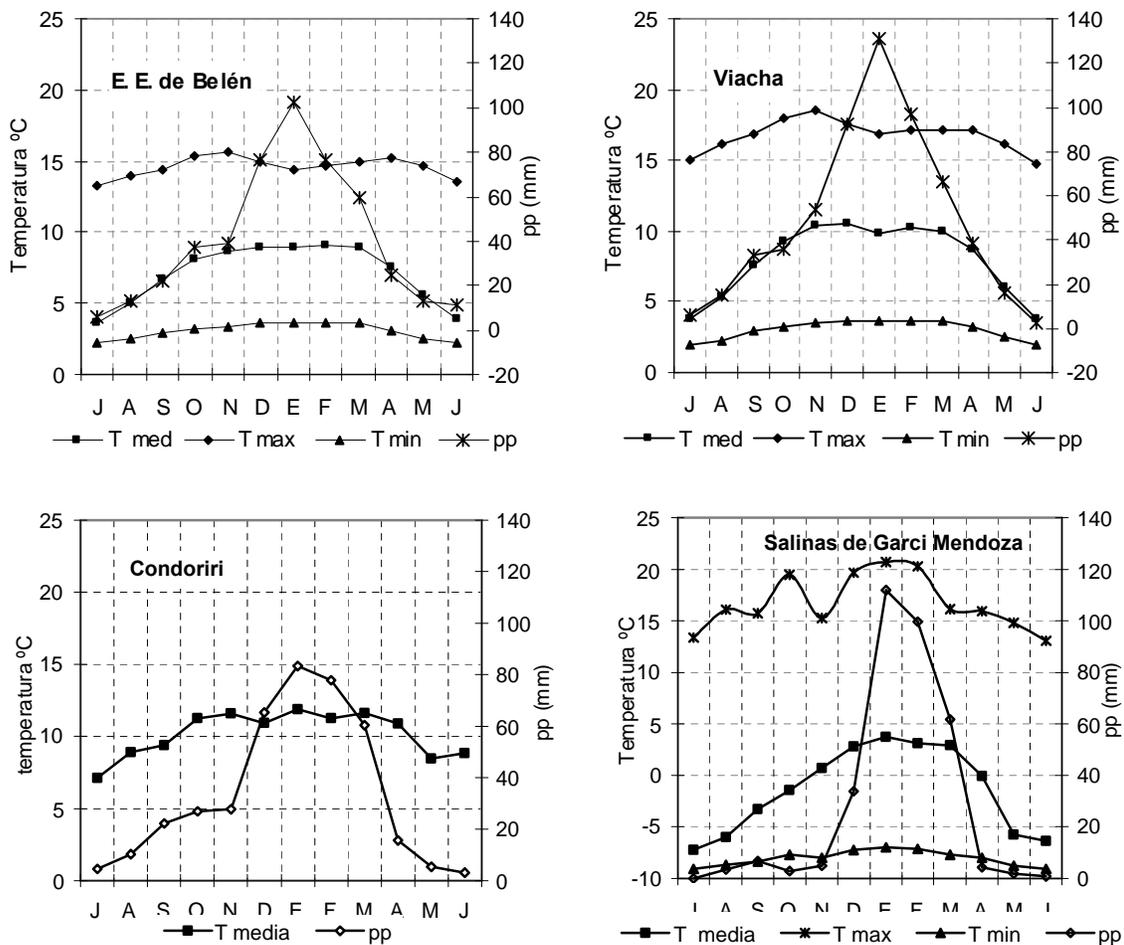


Figura 3. Comportamiento de la precipitación y temperaturas, en los cuatro sitios de estudio (Fuente: SENHAMI).

3.2.1. Vegetación predominante

E. E. de Belén: La vegetación esta conformada por especies del tipo herbáceas de estrato alto entre las que se encuentran: Ichu (*Stipa ichu*), Iru ichu (*Festuca ortophilla*), Chillihua (*Festuca dolychophylla*), también se encuentran herbáceas de estrato bajo como el Chiji (*Distichlis humilis*), Keñua (*Calamagrostis vicunarum*), Layo layo (*Trifolium amabile*), Sillu sillu (*Lachemilla pinnata*), Cebadilla (*Bromus catharticus*), Cola de ratón (*Hordeum andicola*) y otras especies vegetales como la Añahuaya (*Adesmia espinosisima*), Kiswara (*Budleja coriacea*) y cultivos de importancia económica (Unzueta, 1975 citado, por Salinas, 2004).

E. E. de Choquenaira: El agro ecosistema esta compuesto por especies vegetales nativas (pastizales nativos) no cultivables, especies cultivadas como cebada, papa, papaliza, avena, trigo y forrajeras (Montes de Oca, 1992). Por otro la vegetación predominante. Según Mamani (2006), Callizaya (1994) la pradera nativa esta formada por especies como: Ichu (*Stipa ichu*), Chillihua (*Festuca dolychophylla*), Cebadilla (*Bromus unioloides*), Chiji blanco (*Distichlis humilis*), Kóra (*Malvastrum sp.*), Totorilla (*Scirpus rigidus*), Th'ola (*Lepidophyllum cuadrangulares*), Th'ola (*Parastrephia quadrangulares A*), Cola de ratón (*Hordeum andicola*), Layu layu (*Trifolium amabile*), Diente de león (*Taraxacum officinalis*), Reloj reloj (*Erodium cicutarum*), Cachu chiji (*Muhlebergia fastigiata*), Paja brava (*Festuca sp.*), Sillu sillu (*Lachemilla pinnata*) y algunas forrajeras cultivables

CEAC – Condoriri, la vegetación nativa predominante del área de estudio según Tito (1997) esta compuesta por: Th'ola (*Lepidophyllum cuadrangulare*, *Baccharis heterothalamoides*), Layu layu (*Trifolium amabilis*), Ichu (*Stipa ichu*), Chiji blanco (*Distichlis humilis*), Chiji negro (*Muhlebergia andicola*), Diente de león (*Taraxacum officinalis*), Alfilerillo (*Erodium cicutarum*), K'ora (*Torcina capitata*), Pasto pluma (*Nosella sp*) y otros. En relación a los cultivos agrícolas: Cebada (*Hordeum vulgare*), Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), Papa (*Solanum andigenum sp*), Alfalfa (*Medicago sativa*), Haba (*Vicia fava*), Cebolla (*Allium cepa*), Zanahoria (*Daucus carota*), Lechuga (*Lactuca sativa*), Navo (*Brassica campestris*), Rábano (*Raphanus sativus*), Acelga (*Beta vulgaris*), etc.

Salinas de Garci Mendoza, la vegetación predominante la constituyen gramíneas nativas (*Festuca ortophilla*, *Stipa ichu*) y th'olares (*Baccharis mierophylla*, *Lepidophyllum quadrangulare*) los primeros son muy lignificados por lo cual su consumo por el ganado es restringido (MACA, 1988). Entre las malezas más importantes que podemos encontrar en esta zona, Zambrana, (1982), indica: Kasahui (*Sysimbrium sp.*), Ajara (*Chenopodium sp.*), Khora Malva (*Nototriche fiabellata*), Garbancillo (*Lupinus sp.*), Cebadilla (*Bromus unioloides*), Januk'ara (*Lepidium bonaerensis*) y Wira wira (*Ganaphyllum sp.*).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. De laboratorio

Se utilizó lo siguiente: Tamizadora automática con tamices (zarandas) de diferentes tamaños: 1.0, 1.4, 2.0, 2.5, y 3.1 mm, secador (mufla) a 65° C y 105° C de temperatura, balanzas de precisión (0.1 g, 0.01 g y 0.1 mg), probetas de 10, 25 y 100 ml, venteador mecánico (columna), cajas petri, papel filtro, agua destilada, censor de humedad relativa y temperatura, regla metálica graduada, calibrador, pipeta (10 ml) y lupa (anexos).

4.1.2. De campo y biológico

Podadoras, tijeras, sacos de yute, sobres manila de diferentes tamaños, marcadores sacos de tela (tul), lana de color, balanza analítica, termómetros, pluviómetros automáticos. Y 10 variedades de quinua procedentes del Altiplano norte, central y sur, el Cuadro 7 presenta la procedencia de la semilla y algunas características generales.

Cuadro 7. Procedencia y características generales de las diez variedades de quinua.

Variedad utilizada	Procedencia de la semilla	Características				
		CV (días)	AP (cm)	LP (cm)	DP (cm)	DG (mm)
V ₀₁ : Chucapaca	PROINPA	184	130	30	4.5	2.0
V ₀₂ : Surumi	PROINPA	184	120	20	6.0	2.3
V ₀₃ : Kamiri	PROINPA	184	130	34	5.0	2.2
V ₀₄ : L-2 Huganda	PROGRANO	160	100	45	10.0	>2,3
V ₀₅ : L-4 Jiwaki	PROGRANO	150	100	40	12.0	1,8
V ₀₆ : L-7 Agro 2000	PROGRANO	150	90	45	10.0	1,8
V ₀₇ : Toledo naranja	Cdad. Lía (SGM)	184	127	25	5.4	2.5
V ₀₈ : Real blanca	Cdad. Lía (SGM)	184	112	27	4.8	2.4
V ₀₉ : Toledo rojo	Cdad. Lía (SGM)	184	127	25	5.4	2.5
V ₁₀ : K`ellu	Cdad. Lía (SGM)	181	121	34	5.0	2.6

CV: ciclo vegetativo, AP: altura de planta, LP: longitud de panoja, DP: diámetro de panoja, DG: diámetro de grano, SGM: Salinas de Garci Mendoza.

4.2. Metodología

4.2.1. Método de campo

El presente trabajo de investigación se realizó, en ensayos previamente establecidos en los cuatro sitios; la siembra en las cuatro localidades se realizó: de septiembre a noviembre del 2003, la preparación de suelos fue mecanizada (tractor y arado de disco), la densidad de siembra fue de 10 kg/ha a chorro continuo y en Sivingani a golpe (en hoyos). Por otra parte se presentaron enfermedades y plagas así como condiciones meteorológicas adversas, en el Cuadro 8 se muestra las mismas.

Cuadro 8. Plagas, enfermedades y condiciones meteorológicas adversas, en los cuatro sitios.

Sitio	E. E de Choquenaira	E. E. de Belén	CEAC Condoriri	Sivingani
Granizadas	02 /01/2004	--	--	11/01/04
Sequía	--	--	--	Desde la siembra hasta Noviembre
Heladas importantes	--	01/03/2004	01/03/2004	--
Mildiu	R (40 g/20 l)	R (50 g/20 l)	R (50 g/20 l)	Ausencia
K'ona k' ona	K (12 cc/20 l) + G	(< a 6)	K (12 cc/20 l) + G	P (50 cc/ 20 l)
Pájaros	Protección (tul)	Bajo ataque	Protección (tul)	Bajo ataque

R: Ridomil; K: Karate; G: Gomax (Adherente 10 cc/20 l) y P: Piretro.

El trabajo de investigación esta conformado por dos partes:

1° Evaluación de tres variedades de Quinoa (Surumi, Chucapaca y Kamiri), en cuatro sitios del Altiplano boliviano (E. E. de Belén; E. E. De Choquenaira; Ceac-Condoriri y Sivingani).

2° Evaluación de 10 variedades de quinua (Chucapaca, Surumi, Kamiri, Huganda, Jiwaki, Agro 2000, Toledo naranja, Real blanca, Toledo rojo y K'ellu) por la proporción posicional (parte superior, media e inferior de la panoja) en la E. E. de Choquenaira.

4.2.1.1. Selección de plantas

En la **Estación Experimental de Choquenaira**, la selección de plantas se realizó en febrero de 2004, dos semanas antes de que las plantas entren en la fase de grano lechoso, marcando plantas homogéneas con lana de color azul en 5 surcos de cada una de las 40 unidades experimentales del ensayo.

En la **Estación Experimental de Belén, Ceac-Condoriri y Sivingani**, la selección de las plantas se realizó la primera semana de marzo, en estos sitios se marcaron plantas de cada unidad experimental en las que se encontraban solamente las variedades, Chucapaca, Surumi y Kamiri.

4.2.1.2. Protección de las panojas.

Para proteger las panojas contra los pájaros, se cubrieron con manguitos de tela (tul) de 40 cm de largo con un diámetro de 20 cm (fotografía 2).



Fotografía 2. Protección de las panojas con bolsas de tul.

4.2.1.3. Medición de la temperatura y precipitación

La medición de la temperatura así como de la precipitación, se realizó mediante termómetros y pluviómetros automáticos, que se instalaron en la siembra desde septiembre (14) en Sivingani, el 28 de octubre del 2003 en Condoriri, el 6 de noviembre del 2004 en Choquenaira, y el 11 de noviembre del 2003 en Belén, hasta mas o menos el mes de mayo en los cuatro ensayos, y estos datos permitieron analizar el efecto sobre la maduración de los granos de quinua desde la siembra hasta la cosecha.

4.2.2. Método de laboratorio

El trabajo de investigación, se realizó principalmente en el laboratorio del proyecto Quinua - IRD, ubicado en la Carrera Técnica Agropecuaria de Viacha donde se realizaron las siguientes actividades:

Trillado y venteado, fue manual con la ayuda de unos guantes y sobre sacos de harina (yutes). El venteado fue manual y también con la venteadora mecánica para muestras y luego se midieron las variables de respuesta.

Clasificación de los granos, se realizó con una tamizadora automática durante dos minutos (a 75 vibraciones por minuto) y se clasificaron en cuatro clases por tamaño de grano de quinua: Clase 1 (> 2.5 mm), Clase 2 (2.5 - 2.0 mm), Clase 3 (2.0 - 1.4 mm) y Clase 4 (1.4 - 1.0 mm), para luego colocarlas en bolsas de plástico.

4.3. Procedimiento Experimental

4.3.1. Diseño experimental y análisis de datos

a) **Para los cuatro sitios**, el diseño utilizado en los cuatro ensayos fue el de bloques completos al azar. Y para analizar los datos en los cuatro sitios se utilizó el modelo de **Bloques al azar repetidos en espacio**.

b) **Para la evaluación en la E. E. de Choquenaira**, los datos del ensayo se analizaron bajo el modelo de **Bloques con arreglo factorial**.

4.3.2. Modelo estadístico

a) **Modelo estadístico para los cuatro sitios**, para evaluar el efecto entre las localidades y variedades se utilizó el siguiente modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta(\alpha)_{ij} + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ij} + \epsilon_{ijk} \text{ (Calzada, 1982)}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Observación Cualquiera.
- μ = Media general del experimento.
- α_i = Efecto de la i-esima localidad.
- $\beta(\alpha)_{ij}$ = Efectos del j-esimo bloque dentro de la i-esima localidad.
- γ_k = Efecto de k-esima variedad de quinua.
- $(\alpha\gamma)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i-esima localidad y k-esima variedad.
- ϵ_{ijk} = Error experimental.

b) **Modelo estadístico para la evaluación en la E. E. de Choquenaira**, para evaluar las diez variedades y la proporción posición (tres partes de la panoja) se utilizó el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \text{ (Calzada, 1970)}$$

Donde:

- Y_{ij} = Observación Cualquiera.
- μ = Media general del experimento.
- β_k = Efecto del j-ésimo bloque.
- α_i = Efecto de la i-ésima variedad quinua.
- γ_j = Efecto de la j-ésima parte de la panoja.
- $(\alpha\gamma)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima variedad de quinua con la j-ésima posición de glomérulos en la panoja.
- ε_{ijk} = Error experimental.

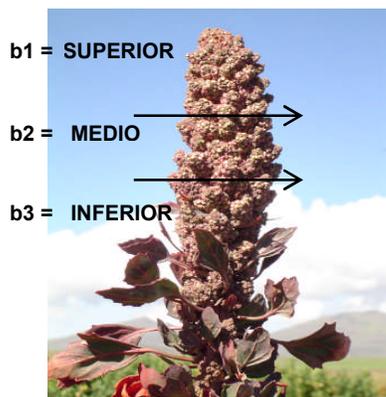
4.3.3. Factores de estudio

Los factores de estudio, planteados para ambas partes se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Factores de estudio planteados.

1) 3 variedades en los cuatro sitios	2) 10 variedades en la E. E. de Choquenaira
<p>Factor "A" Localidades: a_1 = E. E. de Belén a_2 = E. E. de Choquenaira a_3 = Ceac – Condoriri a_4 = Sivingani</p> <p>Factor "B" Variedades: b_1 = Chucapaca b_2 = Surumi b_3 = Kamiri</p> <p>Y cuatro repeticiones (4 bloques)</p>	<p>Factor "A" Variedades: a_1 = Chucapaca a_2 = Surumi a_3 = Kamiri a_4 = L-2 Huganda a_5 = L-4 Hiwaki a_6 = L-7 Agro 2000 a_7 = Toledo Naranja a_8 = Real Blanca a_9 = Toledo Rojo a_{10} = K'ellu</p> <p>Factor "B" Partes de la panoja: b_1 = Superior (S) b_2 = Media (M) b_3 = Inferior (I)</p> <p>Y cuatro repeticiones (4 bloques)</p>

En la fotografía 3 se observa la panoja principal de una planta de quinua, con la respectiva división en las tres partes, asimismo la Figura 4 presenta la esquematización de las tres porciones de la panoja.



Fotografía 3. Posición de los glomérulos en la panoja.

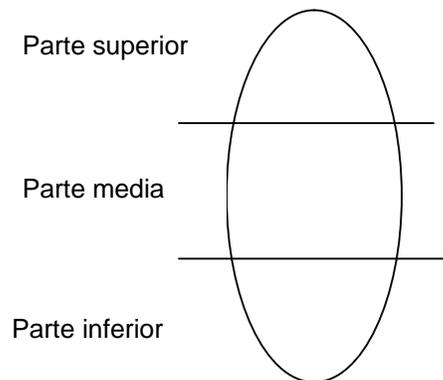


Figura 4. Esquematización de las partes de la panoja.

Los parámetros para realizar la división fueron: plantas uniformes, es decir, que no existieran diferencias en tamaño de panoja ni en la altura de planta, una vez seleccionadas estas plantas y para cada fecha evaluada se cortaron las panojas principales de las plantas y se la dividió tratando siempre que las tres partes tengan la misma longitud.

4.4. Variables de respuesta

4.4.1. Evolución de la biomasa

Biomasa seca (g): para tres variedades en los cuatro sitios y diez variedades en Choquenaira, se eligieron cinco plantas representativas de cada unidad y se determinó la biomasa seca a los 60, 90 y 120 DDS, introduciendo las muestras a una mufla a 65 °C durante 48 horas para luego pesarlas con una balanza analítica de precisión (0.01 g)

4.4.2. Evolución de los granos en la E. E. de Belén, CEAC- Condoriri y Sivingani

Las siguientes variables de respuesta se midieron para los cuatro ensayos de la Red-Quinoa, en 5 plantas (5 panojas) para 6 fechas evaluadas en la E. E. de Belén, Condoriri y tres fechas evaluadas en Sivingani:

- **Número de granos (NG):** para obtener el número de granos total se sumaron el número de granos de clase 1, 2, 3 y 4.

- **Número de granos de clase 1 (diámetro >2,5 mm):** luego de ser clasificados con la tamizadora automática para cada fecha se procedió a contar el número de granos, pero para aquellas muestras con alto NG, se pesaron 10 granos con tres repeticiones en la balanza de 0.0001 g de precisión, se calculo el promedio, por regla de tres y con el peso de muestras se halló el número de granos de cada muestra.

- **Número de granos de clase 2 (diámetro 2.5 – 2.0 mm):** luego de ser clasificadas se pesaron 10 granos con tres repeticiones con la balanza de 0.0001 g de precisión, se cálculo el promedio y por regla de tres y con el peso de muestras se hallo el número de granos de clase 2 para cada muestra.

- **Número de granos de clase 3 (diámetro 2.0 – 1.4 mm):** luego de ser clasificadas se determino el peso de 10 granos (tres repeticiones con la balanza de 0.0001 g de

precisión), con el promedio y por regla de tres, con el peso de muestras se halló el número de granos de clase 3.

- **Número de granos de clase 4 (diámetro 1.4 – 1.0 mm):** El número de granos de clase 4 se determinó contando directamente ya que eran pocos granos para todas las fechas evaluadas.

4.4.3. Variables para medir la evolución de los granos en la E. E. de Choquenaira

- **Porcentaje de materia seca de los glomérulos (MS%):** Para determinar el porcentaje de materia seca de cada fecha se pesaron los glomérulos de la panoja principal en fresco y luego en seco y se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS\% = (\text{Peso seco}/\text{Peso fresco}) * 100$$

El peso fresco de los glomérulos se determinó cortando 5 panojas, se pesaron directamente en el campo (en seguida de ser cortadas) cada una de las panojas y posteriormente en el laboratorio, para adicionar la pérdida de humedad, luego se cortaron los glomérulos de la panoja de las partes: superior, media e inferior y se pesaron con la balanza de precisión de 0.01g. El peso seco de los glomérulos, se determinó colocando las muestras en la mufla a una temperatura de 65 °C durante 48 horas pesándolas luego en la balanza de 0.01gramos.

- **Peso de grano:** Después de trillar las muestras para cada fecha, se colocaron las muestras de los granos a la mufla a una temperatura de 65 °C durante 48 horas el pesado se realizó con la balanza de 0.01 y 0.1 gramos.

- **Peso específico o peso volumétrico de los granos (g/cc):** El peso específico o peso volumétrico es la relación del peso del grano en relación al volumen, y para esta variable se trabajó con el peso del grano a 65° C, el volumen de los granos para las primeras fechas se midió a través de una probeta de 10 ml, luego cuando se tenía más granos se utilizó una probeta de 25 y 100 ml de capacidad.

- **Número de granos (NG).**

- **NG de clase 1 (diámetro >2,5 mm), NG de clase 2 (diámetro 2.5 – 2.0 mm), NG de granos de clase 3 (diámetro 2.0 – 1.4 mm) y clase 4 (diámetro 1.4 – 1.0 mm).**

4.4.4. Variables de respuesta para la cosecha en los cuatro sitios

- **Longitud de la panoja:** Se midió con la ayuda de una regla metálica en centímetros.
- **Diámetro de la panoja:** Se midió con la ayuda de un vernier en centímetros.
- **Porcentaje de materia seca de los glomérulos (MS%).**
- **Peso de grano.**
- **Peso específico o peso volumétrico de los granos.**
- **Número de granos (NG).**
- **Número de granos de clase 1 (diámetro >2,5 mm), clase 2 (diámetro entre 2,5 - 2,0 mm), clase 3 (diámetro entre 2,0 - 1,4 mm) y clase 4 (diámetro entre 1,4 - 1,0 mm) expresadas en porcentaje.**
- **Porcentaje de germinación:** de los granos cosechados en la última fecha en los cuatro lugares de la Red - Quinoa de tres variedades: Chucapaca, Surumi y Kamiri se determinó el porcentaje de germinación a las 12, 24, 36 y 48 horas a una temperatura de 25 °C y 20 °C solamente de los granos con diámetro > 2,0 milímetros.
- **Crecimiento radicular:** de los granos presentes en la prueba de germinación se midió la longitud radicular a las 6, 12, 24 y 48 horas de germinación a una temperatura de 25 °C y 20 °C.

4.4.5. Variables para la evaluación de diez variedades en la E. E. de Choquenaira.

- **Porcentaje de materia seca de los glomérulos (MS%).**
- **Peso de grano (gramos).**
- **Peso específico o peso volumétrico de los granos (g/cc).**
- **Número de granos total (NG).**
- **NG de clase 1 (>2.5 mm), clase 2 (2.5 - 2.0 mm), clase 3 (2.0 - 1.4 mm) y clase 4 (1.4 - 1.0 mm) expresadas en porcentaje.**

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Clima y suelo

Estación Experimental de Choquenaira: En la Figura 5 a, b y anexo (Cuadro 3), se puede apreciar la precipitación pluvial y la temperatura durante el ciclo agrícola en la E. E. de Choquenaira.

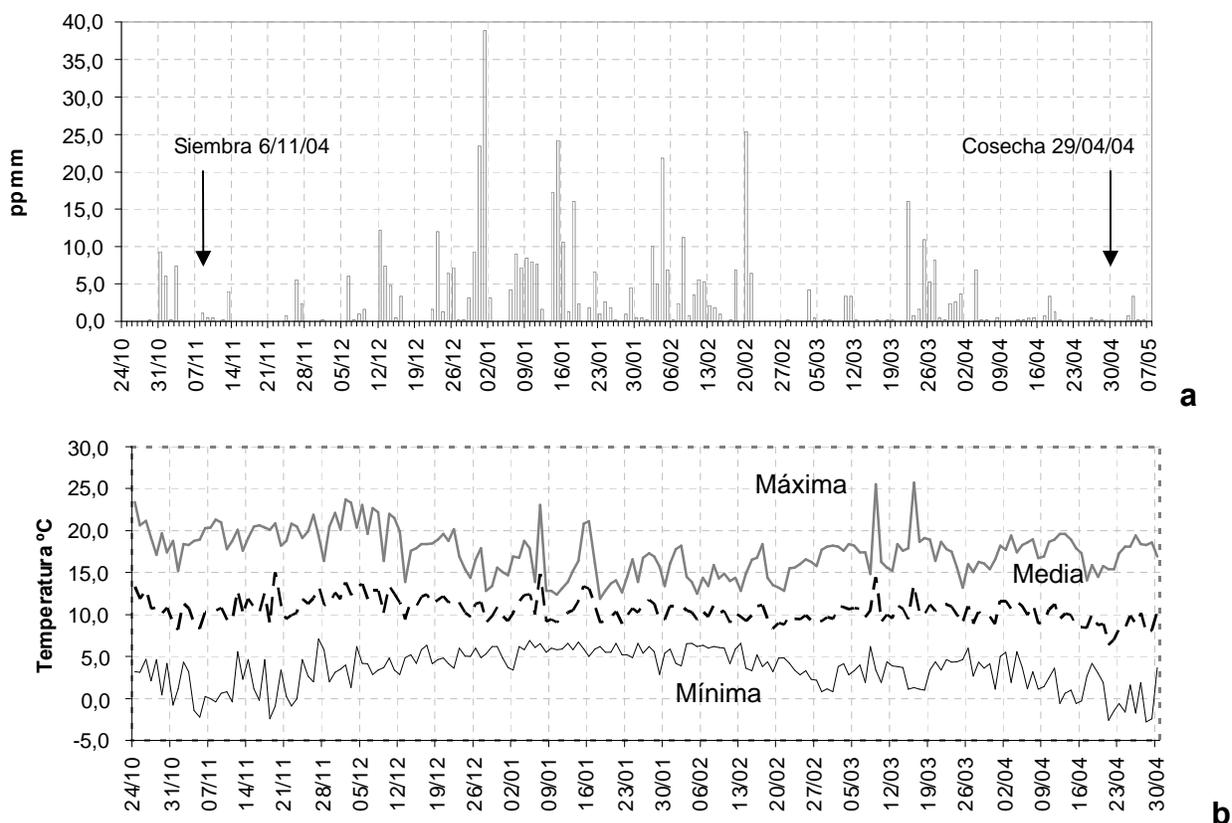


Figura 5 a y b. Precipitación pluvial, temperatura mínima, máxima y media diaria en la gestión agrícola 2003-2004, E. E. de Choquenaira.

La Figura 5a muestra que la precipitación registrada de noviembre a abril fue 495.0 mm, donde el mes más lluvioso fue enero (180.6mm), luego se da un descenso hasta el mes de abril (19.4 mm).

La figura 5b muestra que la temperatura media más elevada se presentó en el mes de diciembre (11.6 °C), y la más baja en abril (9.5 °C), respecto a las temperaturas máximas noviembre (19.9 °C) fue el mes que presentó el valor más alto y febrero la menor (15.3 °C), la temperatura mínima más baja, así como la extrema se registró en el mes de abril (1.4 y -2.8 °C respectivamente).

De acuerdo al análisis de suelo efectuado en el “INRA³”, tal como se puede ver en el anexo (Cuadro 4), con muestras del suelo de la parcela del experimento y para un perfil de 0 a 40 cm, las mismas presentaron las siguientes características:

Las propiedades físicas correspondientes al perfil presentaron una textura franco arenosa (75.50% arena, 17.00% limo y 7.60% arcilla), tal como se puede corroborar en el anexo (Figura 1). Las propiedades químicas exponen que este suelo tiene un pH neutro (6.9), con una capacidad de intercambio catiónico (CIC) 5.00 cmol (+)/Kg; materia orgánica 7.05 g/kg. (0.71%); nitrógeno total 0.52 g/kg. (0.05%); y fósforo 24.0 mg/kg.

Estación Experimental de Belén: En la Figura 6 a, b y el anexo (Cuadro 5), se presenta la evolución de la precipitación pluvial y las temperaturas durante el ciclo agrícola en la E. E. de Belén.

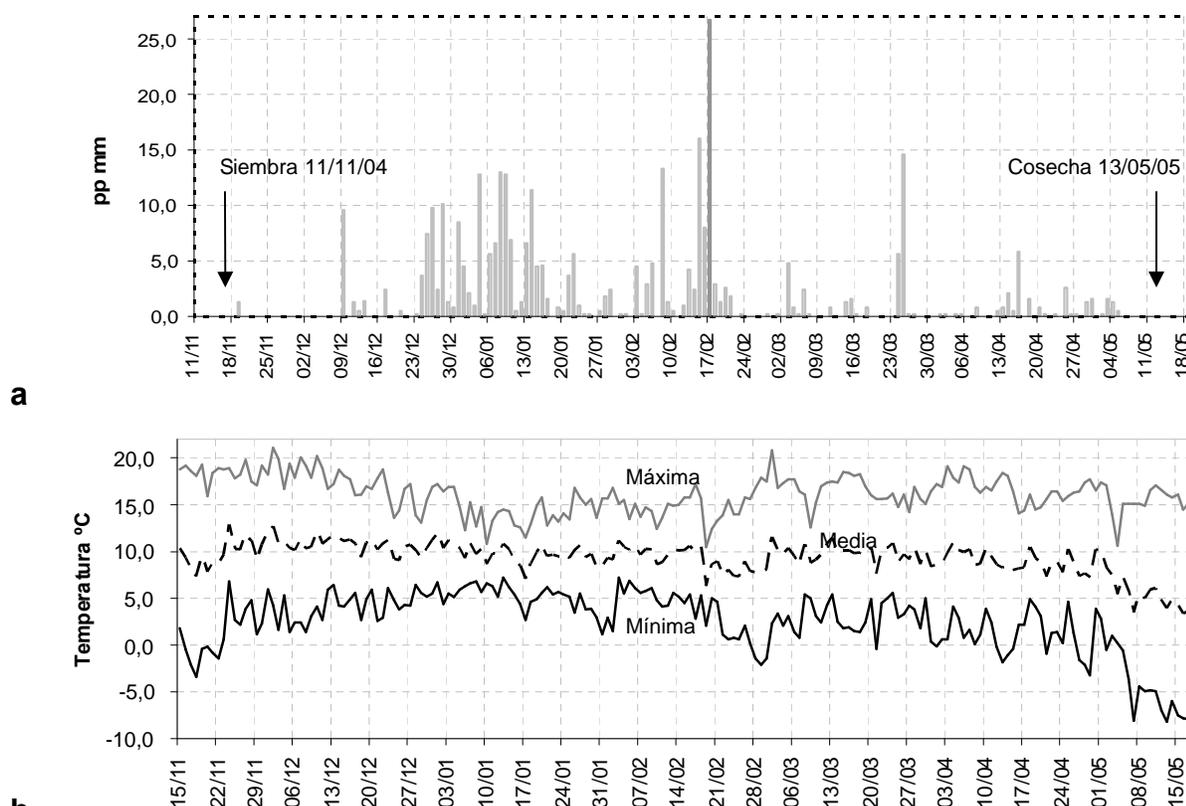


Figura 6 a y b. Precipitación pluvial, temperatura mínima, máxima y media diaria en la gestión agrícola 2003-2004, E. E. de Belén.

³ INRA: Institute National de Recherches Agronomiques (Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, Francia) - Laboratoire d'Analyses de Sols d'Arras (Laboratorio de Análisis de Suelos, Arras, Francia)

La Figura 6a muestra que la precipitación pluvial registrada de noviembre a mayo, fue 326.6 mm, donde la precipitación incrementa desde noviembre (16.6 mm), hasta enero (112.9 mm); luego se da una declinación hasta el mes de mayo (19.4mm).

La Figura 6b muestra el comportamiento de las temperaturas, donde la temperatura media más elevada se presentó en diciembre (10.8 °C) y la inferior en mayo (7.5 °C), respecto a las temperaturas máximas noviembre (18.4 °C) registró el valor más alto y enero la menor (14.3 °C), la temperatura mínima más baja así como la extrema se dieron en el mes de mayo (-0.8 y -8.2 °C respectivamente).

De acuerdo al análisis de suelo realizado por el "INRA", como se presenta en el anexo (Cuadro 4), con muestras del suelo de la parcela del ensayo y para un perfil de 0 a 25 cm, mostraron las siguientes características: las propiedades físicas, exhiben una textura franco arcillo limosa con 17.60% arena, 48.60% limo y 33.80% arcilla (anexos, Figura 1); las propiedades químicas muestran un pH de (6.4); con una CIC de 16.4 cmol(+)/kg, un contenido de materia orgánica de 43.30 g/kg (4.3%), nitrógeno total 2.84 g/kg (0.28%) y fósforo 30.0 mg/kg.

Ceac – Condoriri: En la Figura 7 a, b y anexo (Cuadro 6), se puede apreciar la precipitación pluvial y la temperatura durante el ciclo agrícola en Condoriri.

La Figura 7a muestra que la precipitación pluvial registrada de octubre a abril fue de 384.7 mm, la misma incrementa a partir de octubre 32.6 mm, hasta enero 159.3 mm, luego disminuye a 4.5 mm durante el mes de abril.

La Figura 7b muestra el comportamiento de las temperaturas donde, la temperatura media mayor se presentó en diciembre y marzo 12.2 °C y la inferior los últimos días de octubre 8.5 °C, respecto a la temperatura máxima fue abril (22.0 °C) el mes con el valor más alto y octubre el menor (16.3 °C), la temperatura mínima más baja así como la extrema se presentaron en los meses de abril y noviembre 0.2 y -5.9 °C respectivamente.

El análisis de suelo realizado en el "INRA"; se presenta en anexos Cuadro 4, con muestras del suelo del ensayo, para un perfil de 0 a 30 cm, los mismos presentaron las siguientes características: las propiedades físicas correspondientes a los suelos de este ensayo, indican una textura franco arenosa (59.80% arena, 30.00% limo y 10.20%

arcilla). En relación a las propiedades químicas, estos suelos tienen un pH de (7.9); una CIC de 7.7 cmol (+)/kg, materia orgánica 7.74 g/kg. (0.77%); nitrógeno total 0.65 g/kg. (0.07%) y fósforo 5.0 mg/kg.

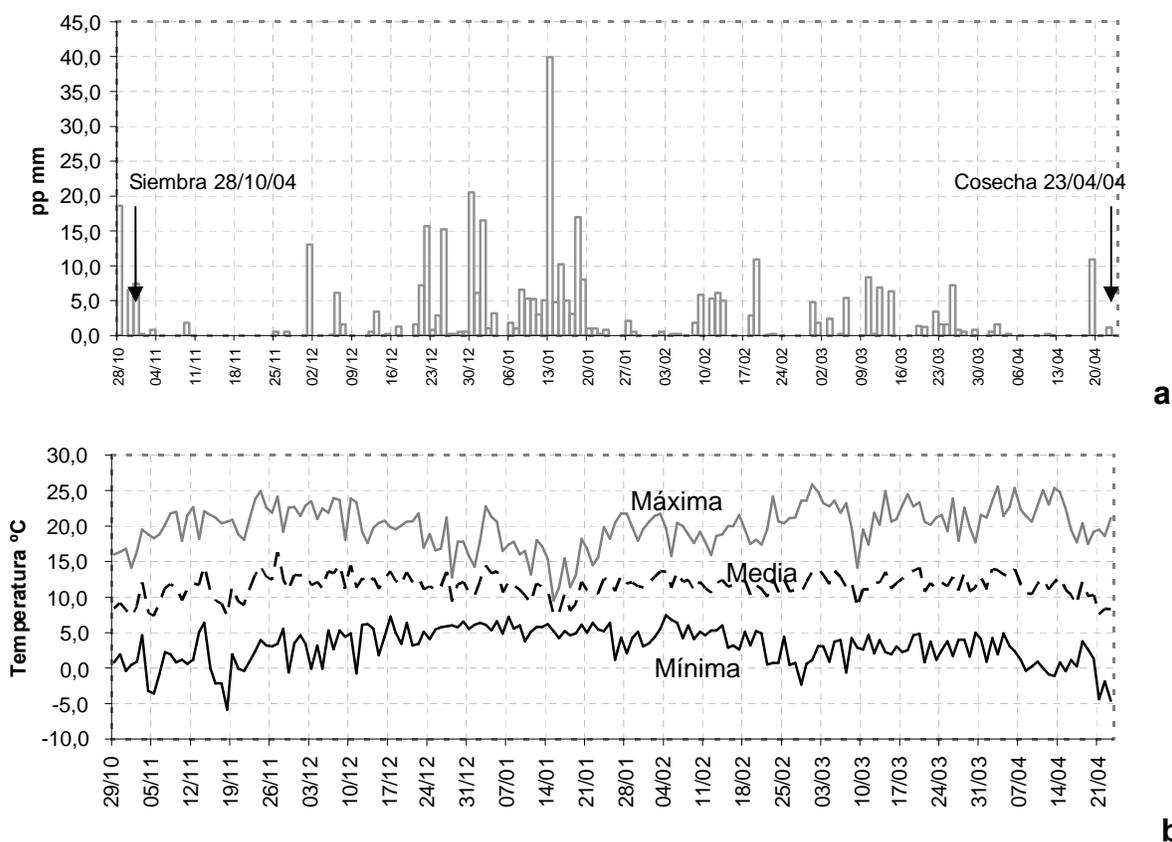
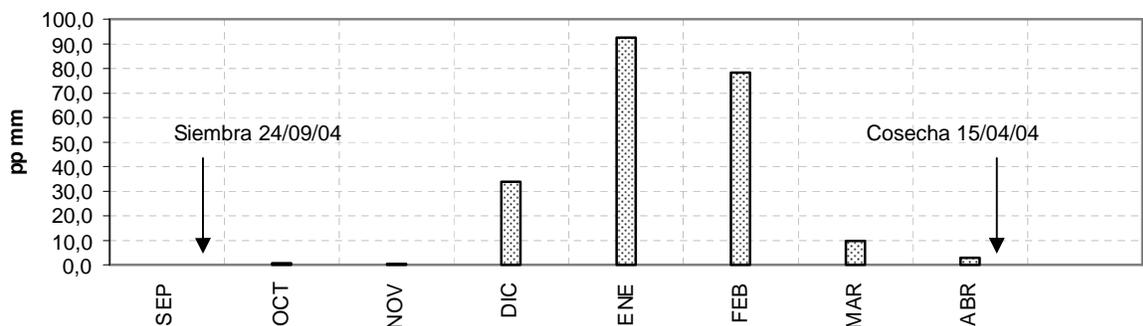


Figura 7 a y b. Precipitación pluvial, temperatura mínima, máxima y media diaria en la gestión agrícola 2003-2004, Ceac – Condoriri.

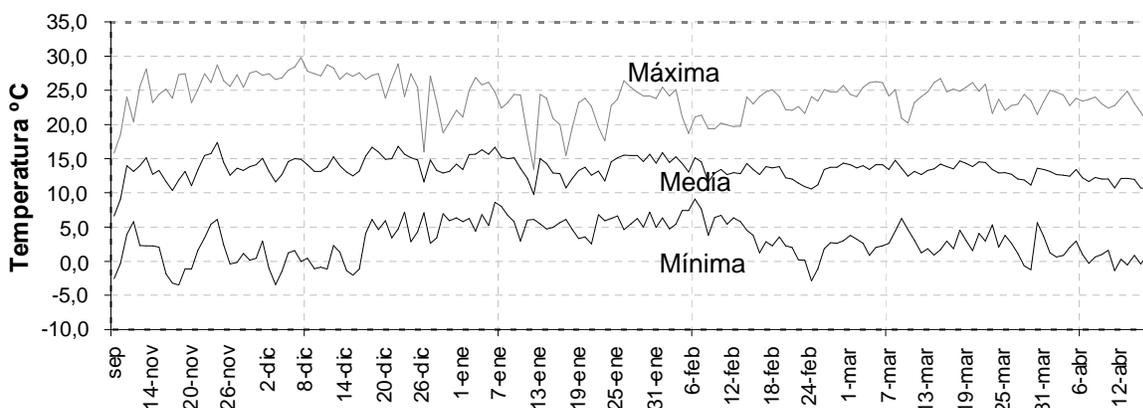
Sivingani: En la Figura 8 a, b y anexos (Cuadro 7), se presenta la precipitación pluvial y la temperatura durante el ciclo agrícola en Sivingani.

En la Figura 8a se observa que la precipitación registrada en el periodo de septiembre a abril fue de 217.9 mm, la precipitación aumentó de 0.6 mm en octubre a 92.4 mm en enero; descendiendo a 2.8 mm en el mes de abril.

La temperatura media más elevada fue 12.2 °C en diciembre, la más baja 6.6 °C en septiembre, en relación a las temperaturas máximas diciembre con 26.7 °C fue el más alto y la menor 16.3 °C en septiembre, las temperaturas mínima y extrema inferiores se registraron el mes de septiembre -2.6 °C y -11.6 °C respectivamente, Figura 9b.



a



b

Figura 8 a y b. Precipitación, temperaturas mínima, máxima y media en la gestión agrícola 2003-2004, Sivingani.

En base al análisis de suelo realizado por el "INRA" como se presenta en el anexo (Cuadro 4 y Figura 1), con muestras del suelo del ensayo para un perfil de 0 a 60 cm, presentaron las siguientes características: suelos de textura areno franco (83.70% arena, 10.80% limo y 5.50% arcilla). Sus propiedades químicas exhiben un pH de (7.2), una CIC de 4.64 cmol (+)/kg, materia orgánica 2.69 g/kg. (0.27%), nitrógeno total 0.16 g/kg. (0.02%) y fósforo 4.3 mg/kg.

Cuadro 10. Resumen de las condiciones edafoclimáticas y el ciclo del cultivo.

Sitio	Suelo			Clima					Cultivo		
	pH	MO (g/Kg)	Tex.	Tmax. (°C)	Tmin. (°C)	Tmed. (°C)	pp. (mm)	Días con lluvia	Ciclo días	Fecha de siembra	Fecha de cosecha
E. E. de Choquenaira	6.9	7.05	FA	17.4	3.6	10.5	495.0	114	176	06/11/03	28/04/04
E. E. de Belén	6.4	43.30	FYL	16.2	2.7	9.5	326.6	111	186	11/11/03	13/05/04
Ceac-Condoriri	7.9	7.74	FA	20.0	3.0	11.5	384.7	90	180	28/10/03	23/04/04
Sivingani	7.2	2.69	AF	24.0	3.0	13.5	217.9	60	203	24/09/03	14/04/04

El Cuadro 10 permite indicar que el suelo con mayor fertilidad fue el de la E. E. de Belén seguido por Condoriri, la E. E. de Choquenaira y Sivingani, considerando un contenido de materia orgánica de 43.30, 7.74, 7.05 y 2.69 g/Kg respectivamente. Asimismo en relación a las condiciones climáticas, Sivingani presentó las temperaturas más altas en promedio para el ciclo del cultivo de cada sitio, seguido por Condoriri, la E. E. de Choquenaira y la E. E. de Belén; respecto a la precipitación total para cada sitio la E. E. de Choquenaira registró la más alta 495.0 mm y 114 días con lluvias, seguido por Condoriri con 384.7 mm y 90 días con lluvias, la E. E. de Belén con 326.6 mm y 111 días con lluvias y Sivingani 217.9 mm y 60 días con lluvias. La duración del ciclo del cultivo fue 203, 185, 180 y 176 días para Sivingani, la E. E. de Belén, Condoriri y la E. E. de Choquenaira respectivamente.

5.1.1. Comportamiento de las heladas en los cuatro sitios

5.1.1.1. Número de días con temperaturas menores e iguales a 0 °C en los 4 sitios

En la Figura 9 y anexos (Cuadro 8), se presenta el número de días con heladas para los cuatro ensayos.

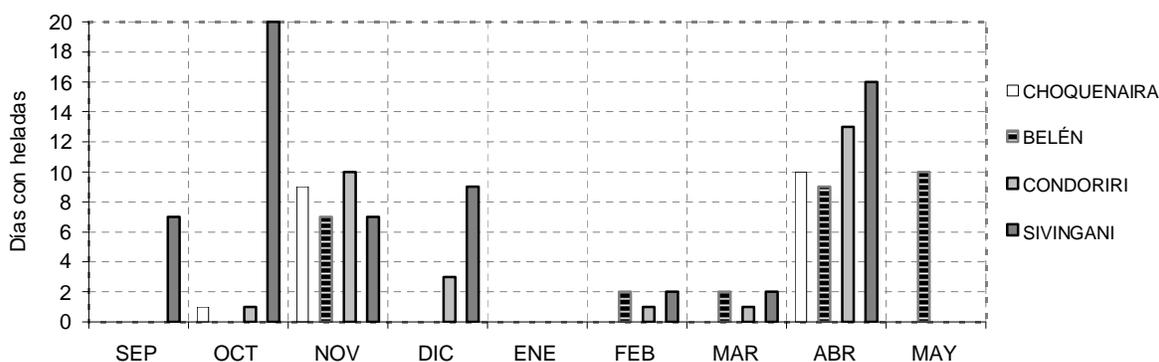


Figura 9. Número de días con heladas en la E. E. de Choquenaira, Belén, Condoriri y Sivingani, gestión agrícola 03/04.

En la Figura 9 se observa que en la E. E. de Choquenaira, la E. E. de Belén, Condoriri y Sivingani presentaron 20, 30, 29 y 61 días con heladas respectivamente desde el inicio de la siembra hasta la cosecha, el mayor número de días con heladas se presentó en el mes de abril para la E. E. de Choquenaira, la E. E. de Belén, y Condoriri con 10, 9 y 13 respectivamente y en Sivingani el mes de octubre con 20 días con heladas, el mes en el cual no se presentaron días con heladas en los cuatro sitios fue el mes de enero.

5.1.1.2. Duración de las heladas en los cuatro sitios

Los datos registrados por los termómetros fueron cada 10 minutos, a lo largo del ciclo del cultivo, es decir que se ha podido evaluar la duración en minutos de las temperaturas $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ con una precisión de 10 minutos y su intensidad, mostrando cuan bajas fueron las mismas a través de sumar las mismas en $^{\circ}\text{C}$.

La Figura 10 y anexos (Cuadro 9), muestran la duración y la suma de las heladas (intensidad) diarias durante el ciclo del cultivo, en la E. E. de Choquenaira.

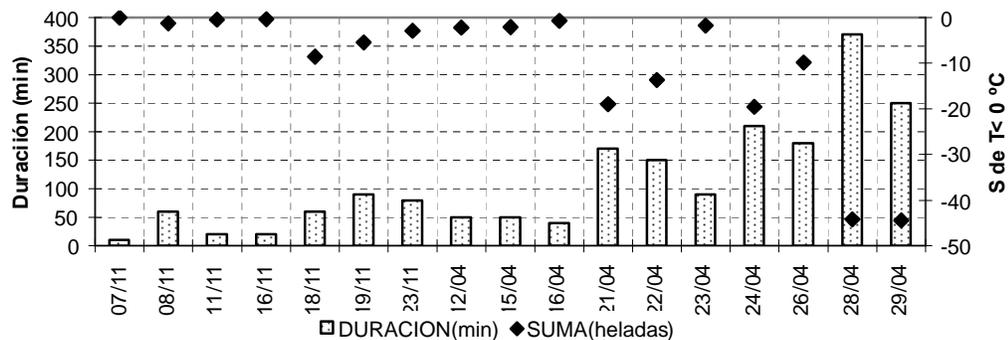


Figura 10. Duración y suma de las heladas gestión agrícola 03/04, E. E. de Choquenaira.

La Figura 10, muestra que en la E. E. de Choquenaira se presentaron heladas los meses de octubre, noviembre y abril, siendo el 28 y 29 de abril los días donde se presentaron las heladas más severas con duraciones de 370 y 250 minutos sumando -44.2 y -44.5 $^{\circ}\text{C}$ respectivamente.

Duración de las heladas y sumatoria en la E. E. de Belén: La duración y suma de heladas, en la E. E. de Belén se puede apreciar en la Figura 12 y anexos (Cuadro 9).

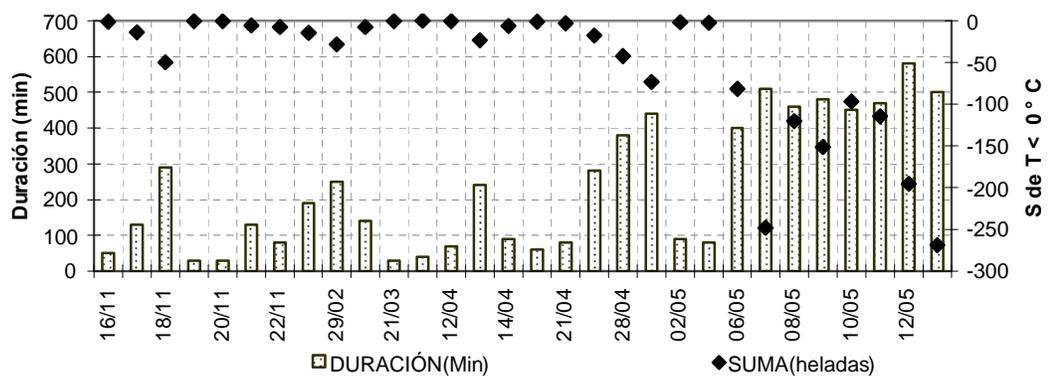


Figura 11. Duración y suma de las heladas gestión agrícola 03/04, E. E. de Belén.

La Figura 11 muestra que se presentaron heladas los meses de noviembre, febrero, marzo, abril y mayo con 7, 2, 2, 9 y 10 días respectivamente; de estos meses el más severo fue el mes de mayo donde a partir del día 6 hasta el 13 las heladas duraron más de 400 minutos sumando hasta -96.9° y -269.3°C .

Duración de las heladas y sumatoria en Condoriri: En la Figura 12 y anexos (Cuadro 10) se presentan la duración en minutos y la suma ($^{\circ}\text{C}$) de heladas.

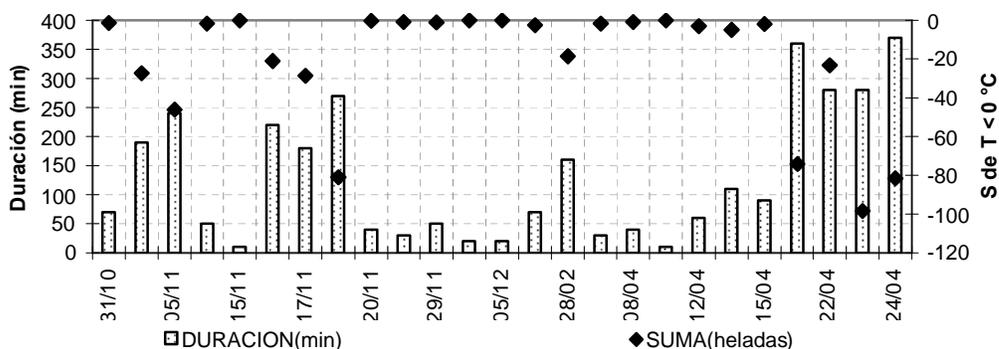


Figura 12. Duración y suma de las heladas gestión agrícola 03/04, Condoriri.

En la Figura 12, se muestra que en Condoriri se presentaron heladas los meses de octubre, noviembre, diciembre, febrero, marzo y abril con 1, 10, 3, 1, 1 y 8 días respectivamente, en los meses de abril y noviembre la duración de las heladas fueron mayores, es así que el 5, 16 y 18 de noviembre la duración fue de 240, 220 y 270 minutos sumando temperaturas de -46.2 , -21 y -80.9°C respectivamente y en abril los días 13, 21, 22 y 23 presentaron una duración de 110, 360, 280 y 280 minutos sumando -4.8 ; -74.1 ; -23.1 y -98.5°C , respectivamente.

Duración de las heladas y sumatoria en Sivingani: La duración y suma de heladas en Sivingani, se observa en la Figura 13 y anexos (Cuadro 10), con datos registrados por los sensores de temperatura, a partir del 15 de noviembre hasta abril.

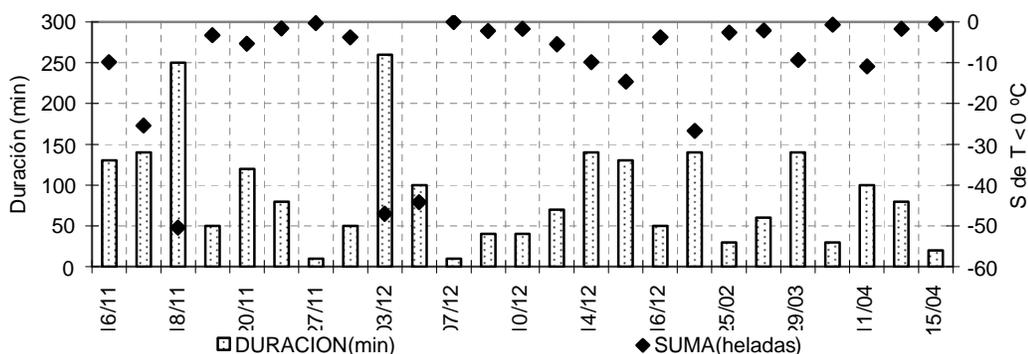


Figura 13. Duración y suma de heladas gestión agrícola 03/04, Sivingani.

En la Figura 13 se observa que en Sivingani se registraron heladas, los meses de noviembre, diciembre, febrero, marzo y abril con 7, 10, 2, 2 y 4 días respectivamente; los días con heladas de mayor duración fueron el 16, 17, 18 y 20 de noviembre con 130, 140, 250 y 120 minutos sumando -9.9, -25.4, -50.4 y -5.3 °C respectivamente; el 3, 4, 14 y 15 de diciembre que registraron 260, 100, 130 y 140 minutos, sumando -47.1, -44.1, -9.9 y -14.7 °C respectivamente; el 24 de febrero se registró 140 minutos de heladas sumando -26.7 °C y el 29 de marzo se presentó -9.3 °C sumados en 140 minutos.

5.1.2. Comparación de las heladas (duración e intensidad) en los 4 sitios

Se realizó esta comparación de los cuatro sitios, para ver como es el comportamiento respecto a la duración en horas y la suma en los mismos (temperaturas iguales y menores a 0 °C), para ello se trabajó a partir del 15 de noviembre de 2003 hasta el 13 de mayo de 2004, Cuadro 11.

Cuadro 11. Duración y suma mensual de heladas en los cuatro sitios.

MES	Duración (horas)				Intensidad (Suma de $T \leq 0$ °C)			
	Sivingani	Choquenaira	Condoriri	Belén	Sivingani	Choquenaira	Condoriri	Belén
NOV	13	9.2	21.3	12.3	-95.9	-17.2	-132.9	-79.6
DIC	14.8	0	1.8	0	-132.8	0	-2.6	0
ENE	0	0	0	0	0	0	0	0
FEB	2.8	0	2.7	7.3	-29.3	0	-18.5	-43.1
MAR	3.3	0	0.5	2.8	-11.4	0	-1.5	-8.5
ABR	50.2	26	39.5	28	-564.4	-157.5	-416.2	-168.4
MAY	94.2	70.3	50.2	67	-2579	-1557	-1016	-1282
TOTAL	178.3	105.5	116.0	117.4	-3413	-1732	-1455	-1581

El Cuadro 11, muestra que desde el 15 de noviembre hasta el 13 de mayo, el mes de mayo presentó más heladas, siendo más riguroso en Sivingani con una suma de -2578.8 °C en 94.2 horas, seguido por la E. E. de Choquenaira, la E. E. de Belén y Condoriri con valores de -1557.4, -1281.8 y -1016.2 °C sumados en 70.3, 67.0 y 50.2 horas respectivamente, al contrario enero es el mes que no registró heladas en los cuatro sitios, podemos también ver que el sitio donde se presentaron, más heladas corresponde a Sivingani donde se registraron 178.3 horas con heladas, seguido por la E. E. de Belén, Condoriri y la E. E. de Choquenaira con 117.4, 116.0 y 105.5 horas con heladas.

En la Figura 14 y anexo (Cuadro 11) se presenta la distribución de frecuencias de heladas en los cuatro sitios de estudio.

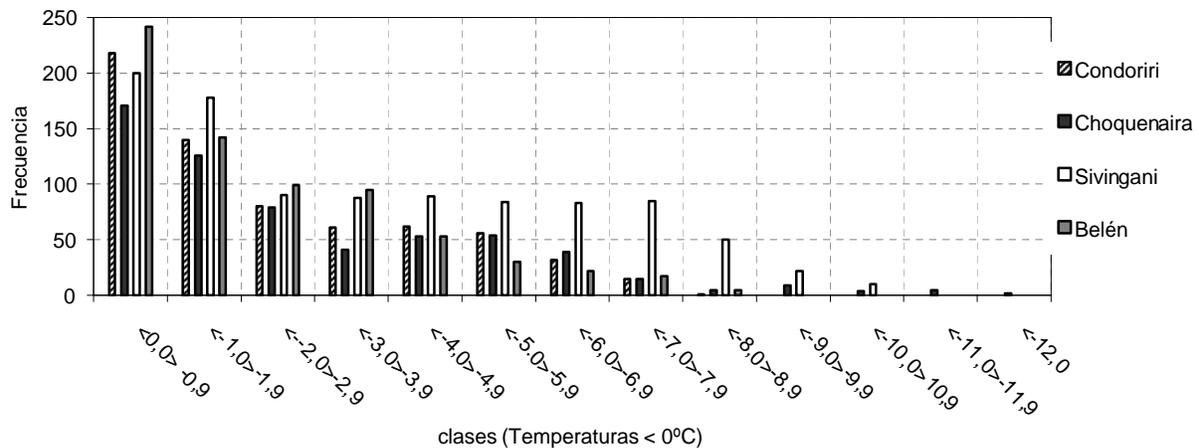


Figura 14. Distribución de frecuencia de heladas en los cuatro sitios.

La Figura 14, muestra que ocurrieron 242, 218, 200 y 171 veces heladas entre 0 °C a -0.9°C en la E. E. de Belén, Condoriri, Sivingani y la E. E. de Choquenaira respectivamente, temperaturas iguales a -12,2 °C ocurrieron solamente 2 veces y entre -11,0 a -11.9 °C se registraron 5 veces pero solamente en la E. E. de Choquenaira. En Sivingani las temperaturas más bajas se registraron entre -10.0 a -10.9 °C diez veces, en Condoriri y en la E. E. de Belén las temperaturas más bajas se registraron entre -8 a -8,9 °C con una frecuencia de 1 para Condoriri y 5 para la E. E. de Belén.

5.1.3. Relación entre la duración de las heladas y su intensidad

En la Figura 15 se presenta la relación entre la intensidad y duración de las heladas, el coeficiente de correlación ($r = 0.86$) indica que existe una relación lineal altamente significativa ($P = 0.0001$), indicando que a medida que aumenta la duración habrá un incremento de la intensidad (suma de las temperaturas iguales o menores a 0 °C), R^2 nos indica que un 74% de la intensidad depende de la duración de las heladas.

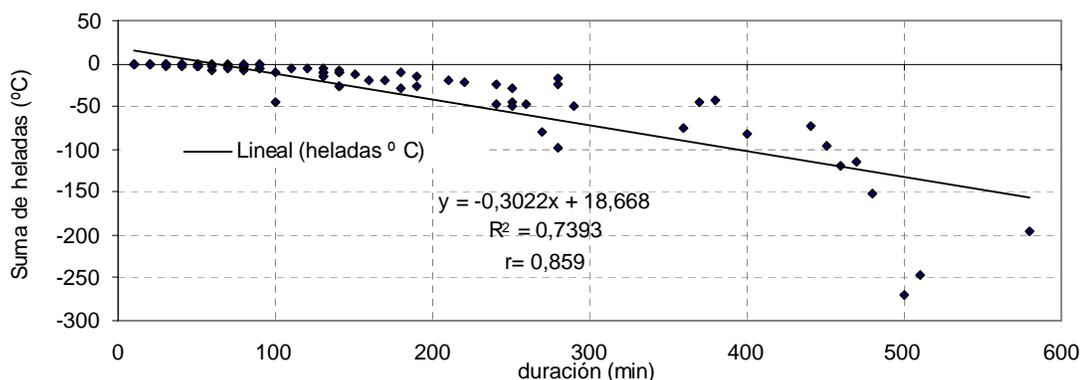
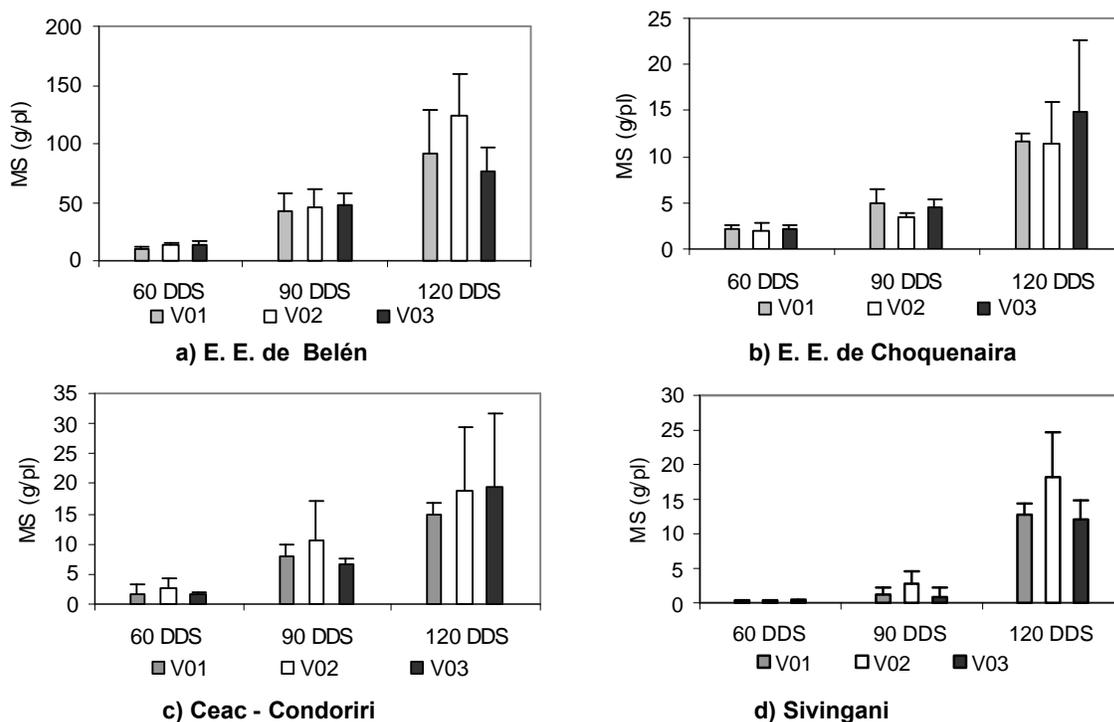


Figura 15. Correlación y regresión de la duración vs. la intensidad de las heladas.

5.2 Evolución de la Biomasa

5.2.1. Biomasa aérea (MS g/planta) a los 60, 90 y 120 DDS en los cuatro sitios

La Figura 16 a, b, c y d muestran la evolución de la biomasa aérea (MS) en g/planta, a los 60 DDS, 90 DDS y 120 DDS en los cuatro sitios de estudio para las tres variedades.



V01: Chucapaca, V02: Sumí, V03: Kamiri.

Figura 16. Evolución de la biomasa aérea (MS g/planta) a los 60, 90 y 120 DDS, en los 4 sitios ($m \pm SE$).

La Figura 16a muestra que en la E. E. de Belén a los 60 y 90 DDS no existieron diferencias importantes entre las variedades, pero si a los 120 DDS donde la variedad Surumi registró, el valor más alto 124.1 g/planta. En la E. E. de Choquenaira (Figura 16b) a partir de los 90 se observa una diferencia entre las variedades, haciéndose más marcada a los 120 DDS donde la variedad Kamiri destacó registrando 14.9 g/planta.

La Figura 16c muestra que en Condoriri a los 90 DDS la variedad con el valor más alto fue Surumi con 10.5 g/planta; pero a los 120 DDS fue la variedad Kamiri con 19.6 g/planta. En Sivingani (Figura 16d) a los 90 DDS y 120 DDS la variedad con el valor más alto fue Surumi con 2.7 y 18.2 g/planta respectivamente.

En condiciones de la E. E. de Choquenaira, Gutiérrez (2003) al evaluar dos variedades de quinua también encontró diferencias a los 119 DDS, destacando la variedad Surumi con alrededor de 43 g/planta frente a 14 g/planta de la Blanca de Yanamuyu. Por otra parte el valor registrado por la variedad Surumi ha sido superior a los que se registraron en la E. E. de Choquenaira, Condoriri y Sivingani en esta gestión por las tres variedades.

En la Figura 17, se presenta la evolución en promedio para las tres variedades en los cuatro sitios, para observar el efecto del ambiente sobre la biomasa, donde a los 60 DDS, 90 DDS y 120 DDS la E. E. de Belén presentó los pesos más altos con un valor máximo de 97.1 g/planta a los 120 DDS, seguido por Condoriri, Sivingani y la E. E. de Choquenaira, que a los 120 DDS mostraron 17.9, 14.3 y 12.6 g/planta respectivamente.

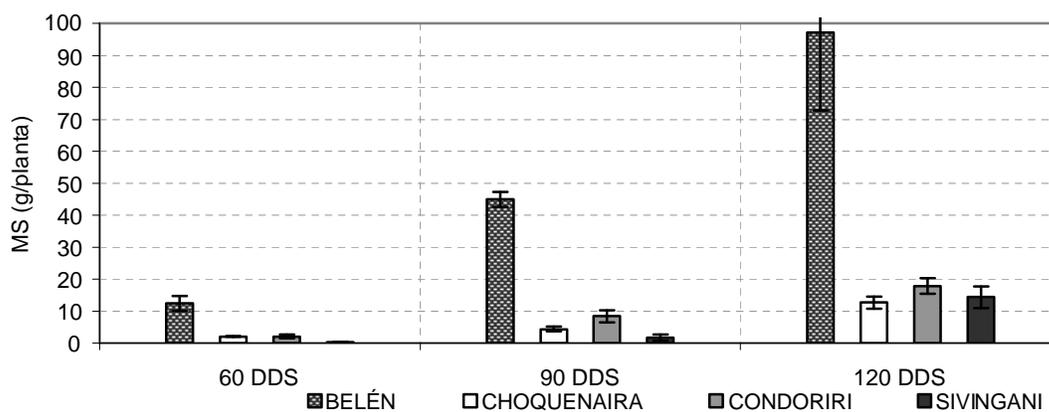


Figura 17. Evolución de la biomasa aérea (MS g/planta) a los 60, 90 y 120 DDS, para los cuatro sitios ($m \pm SE$).

En resumen la E. E. de Belén fue superior a las tres otras localidades, se observa también que a los 60 y 90 DDS la E. E. de Choquenaira y Condoriri fueron superiores a Sivingani pero a los 120 DDS la diferencia ya no es marcada entre las tres localidades. Esta situación se debió principalmente a que la E. E. de Belén presentó una mayor fertilidad de suelo en comparación a los otros sitios como se presentó en el Cuadro 10.

Sivingani presentó los valores más bajos a los 60 y 90 DDS, debido a la sequía, desde la siembra hasta noviembre (Figura 10b); que influyó en el desarrollo de la planta, como afirma Rodríguez (1991), al indicar que la deficiencia de agua reduce el crecimiento, a su vez el área foliar de la planta, y por lo tanto la fotosíntesis. A los 120 DDS la biomasa incrementó rápidamente, pues a fines de noviembre comenzó a llover, al respecto

varios autores entre ellos Rodríguez (1991), indican que el agua es la materia prima en el proceso de la fotosíntesis, necesaria para convertir los elementos inorgánicos en orgánicos.

5.2.2. Efecto de la helada en la E. E. de Belén entre los 90 y 120 DDS

El 29 de febrero se produjo una helada, que tuvo una duración de 250 minutos o 4.2 horas acumulando $-28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo cual provocó daños al cultivo, ante esta situación se realizó una evaluación donde, se tomaron 4 notas (N): N₁ (plantas sanas), N₂ (plantas con el 50% de las hojas quemadas), N₃ (plantas con el 80% de hojas y ápice quemados) y N₄ (plantas muertas y/o caídas), en anexos (Figura 2) se muestran las fotografías. En promedio la helada afectó a 19, 12 y 9 plantas m⁻² para las variedades Chucapaca, Kamiri y Surumi respectivamente.

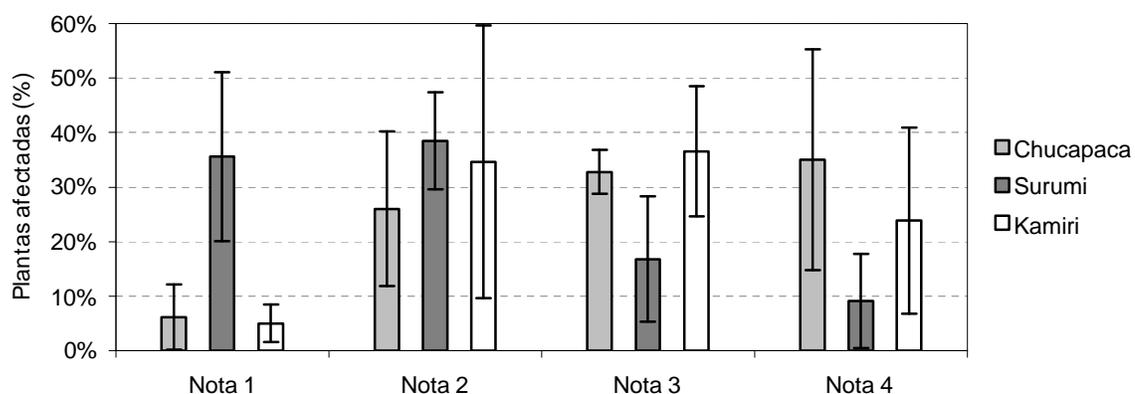


Figura 18. Porcentaje de plantas afectadas por la helada, en la E. E. de Belén.

En la Figura 18 se muestra la relación porcentual de plantas afectadas para cada nota, observándose que las plantas en promedio fueron afectadas en mayor proporción bajo el nivel de daño N₂ (33.0%), seguido por la N₃ (29.0%), la N₄ (23.0%) y la N₁ (16.0%).

Se notó también que el mayor porcentaje de plantas afectadas bajo el N₄ (plantas muertas y o caídas) fueron las variedades Chucapaca con 35% y Kamiri con 24%, y con la N₂ la variedad Surumi con 38%, asimismo se encontró que la variedad Surumi presentó un mayor porcentaje de plantas intactas (N₁). En ese momento el cultivo estaba en prefloración y floración al respecto (Mújica *et al.*, 2001) indica que a partir del panojamiento la quinua es más sensible, siendo las fases fenológicas de floración y grano lechoso las más susceptibles al frío.

5.2.3. Biomasa aérea (MS g/planta) a los 60, 90 y 120 DDS, en la E. E. de Choquenaira

La Figura 19 muestra la evolución de la biomasa aérea (MS) en g/planta de 10 variedades de quinua, a los 60 DDS, 90 DDS y 120 DDS en la E. E. de Choquenaira.

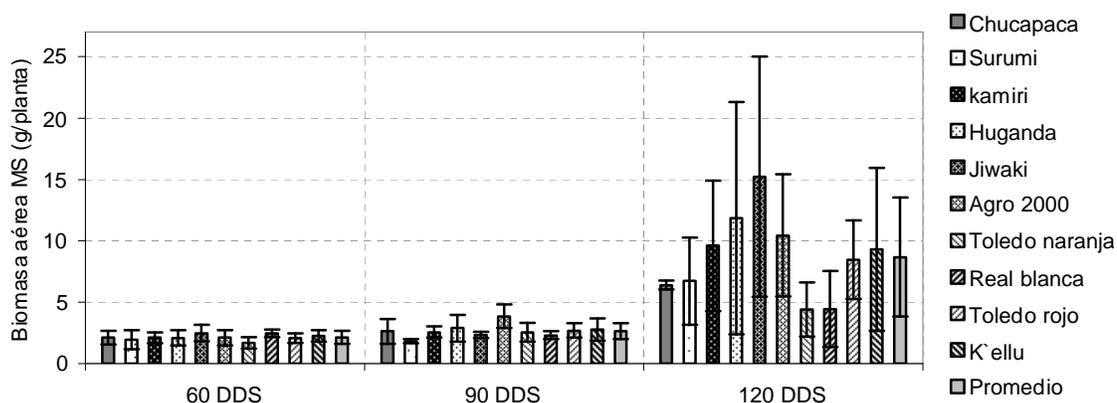


Figura 19. Evolución de la biomasa aérea (MS) a los 60, 90 y 120 DDS, en la E. E. de Choquenaira ($m \pm SE$).

A los 60 DDS la biomasa aérea en promedio para las diez variedades fue 2.1 g/planta, no se observaron diferencias marcadas entre las variedades; a los 90 DDS se encontró en promedio 2.6 g/planta, con un valor máximo de 3.8 g/planta registrado por la variedad Agro 2000 y un mínimo de 1.8 g/planta por la variedad Surumi; a los 120 DDS el valor promedio fue 8.7 g/planta, la variedad Jiwaki reportó el valor más alto 15.2 g/planta, el más bajo 4.4 g/planta fue registrado por las variedades Toledo naranja y Real Blanca.

En otros estudios realizados en la misma estación, se encontraron valores importantes tal es el caso de 100 g/planta para la variedad Surumi reportado por Rodríguez (2005) a los 120 DDS, valor muy alto comparado con los que se encontraron durante la presente gestión.

Entre los 60 y 90 DDS no se notó un aumento considerable de la biomasa aérea, pese a que en este periodo se produjeron buenas temperaturas y los días con mayor precipitación (Figura 5a y 5b), situación atribuible a la granizada del 2 de enero del 2004 que afectó al cultivo, al respecto Mújica *et al.* (2001) señalan que los daños del granizo en la quinua son la ruptura de la lámina foliar, desprendimiento de la misma y en casos extremos ruptura del tallo y panojas, así como daño mecánico por golpes en dichos

órganos. Luego el cultivo recuperó, pues a los 120 DDS se nota un incremento de la biomasa aérea, aunque para las variedades Toledo naranja y Real blanca no fue alto. Los daños ocasionados por la granizada se presentan en la Figura 20 y los niveles de daño tomados en cuenta para la evaluación en anexos (Figura 3), donde se muestra que en promedio para las diez variedades el granizo, causó mayor daño en el nivel N₂ con 41.8%, seguido por el daño a nivel N₃ con 25.3%, el nivel N₁ con 14.3%, los niveles de daño N₄, N₅ que son los más severos y N₀ que corresponde a plantas casi intactas fueron 14.0%, 2.3% y 2.3 % respectivamente.

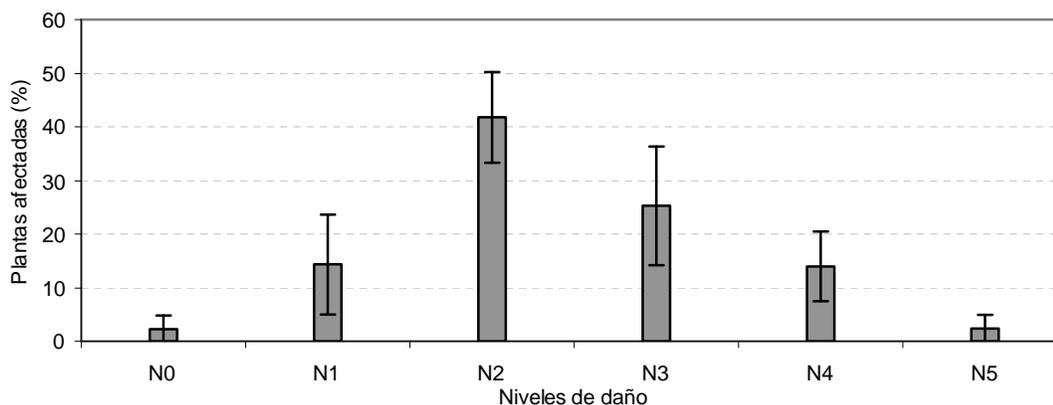


Figura 20. Porcentaje de plantas afectadas por el granizo, E. E. de Choquenaira ($m \pm SE$).

Bajo el nivel de daño N₀ es decir plantas casi intactas, la variedad K'ellu presentó 0.0% en cambio la variedad Real blanca 6.4%, y para el caso del nivel N₄ y N₅ las notas más severas, la variedad Jiwaki con 4.7% y 0.0% presentaron los valores más bajos, en cambio la variedades más afectadas fueron la Surumi con 25.5% bajo el nivel de daño N₄ y Kamiri con 5.4% bajo el nivel de daño N₅.

También se observó que la variedad Jiwaki fue la más afectada bajo el nivel de daño N₂ con 51.5% y la variedad Toledo naranja fue la más afectada bajo el nivel de daño N₃ con 40.3 por ciento.

En resumen la variedades más afectadas por la granizada (N₅), fueron las variedades Kamiri seguido por la Toledo naranja y Real blanca con valores de 5.4, 5.1 y 5.0% de un total de 152, 103 y 50 plantas evaluadas respectivamente, en cambio la menos afectada fue la variedad Jiwaki. Al respecto Mújica *et al.* (2001) indican que los genotipos soportan granizadas, dependiendo en primer término del ángulo de inserción de las

hojas, grosor de las mismas, tamaño y número de hojas, área foliar, resistencia del tallo y panoja.

5.3. Evolución de los granos

5.3.1. Evolución de los granos por clases en los cuatro sitios

5.3.1.1. Evolución del número de granos (NG), de las tres variedades en la E. E. de Belén

En la Figura 21 a, b y c podemos observar la evolución del NG total, NG de clase1 (diámetro >2.5 mm), clase 2 (diámetro 2.5 - 2.0 mm), clase 3 (diámetro 2.0 - 1.4 mm) y clase 4 (1.4 - 1.0 mm) para la panoja, en las tres variedades estudiadas.

Para las tres variedades, desde los 122 DDS hasta más o menos los 150 DDS el NG total presenta más granos de clase 3, pero a partir de los 150 DDS hasta los 186 DDS el NG total esta conformado por más granos de clase 2. También se observó que el NG total esta conformado por más granos de clase 2 y 3, que de granos de clase 4 y 1.

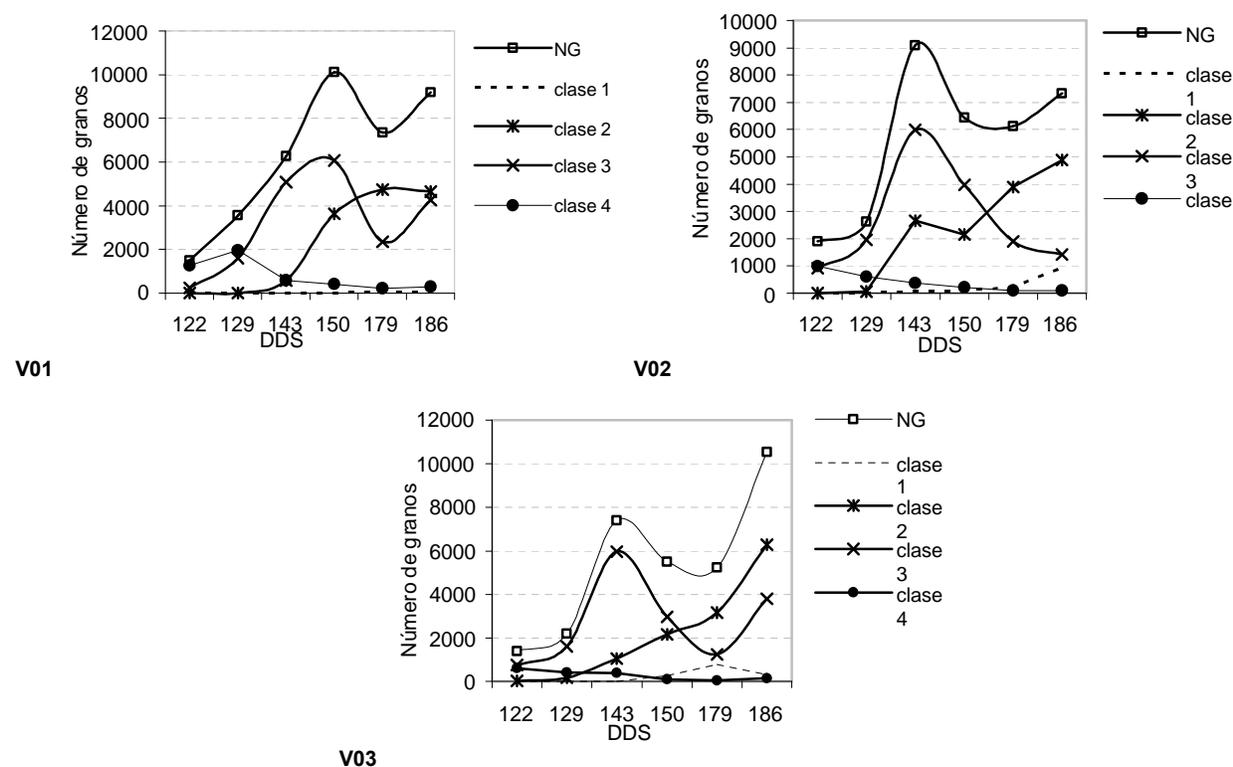


Figura 21. Curvas de evolución (NG/panoja) de tres variedades (V01) Chucapaca, V02 (Surumi), V03 (Kamiri), E. E. de Belén.

En la panoja los granos de quinua de la clase 1 y 2 a los 122 DDS ocuparon 0.0% y 0.4%, incrementando a 5.6% y 63.1% a los 179 DDS, los granos de clase 3 (16.2%) a los 122 DDS, ampliándose a 74.9% a los 143 DDS para disminuir a 29.3% a los 179 DDS, los de clase 4 presentaron 59.4% a los 122 DDS disminuyendo a los 186 DSS a 1.9% (Figura 22).

Entre los factores relevantes que influyeron en la evolución están la fertilidad del suelo que presentó la E. E. de Belén anexos (cuadro 4), con 0.3% de N total, Slafer *et al.* (2004) indican que el nitrógeno es esencial, y es el elemento que comúnmente limita la producción de los cultivos de grano. Por otro lado encontramos a la densidad de plantas, como menciona Ruget (1989) la sensibilidad de la producción (biomasa) presenta variaciones frente a la densidad de plantas, y que depende de la plasticidad de los genotipos para generar y fijar estructuras reproductivas.

Si analizamos desde el punto de vista de la exportación de quinua, es decir tomando en cuenta solamente los granos con un diámetro mayor a 2.0 mm, sería conveniente cosechar cuando existe mayor cantidad de granos de clase 2 y 1, que de acuerdo a la figura 22 se presenta a partir de los 179 DDS en condiciones de la E. E. de Belén.

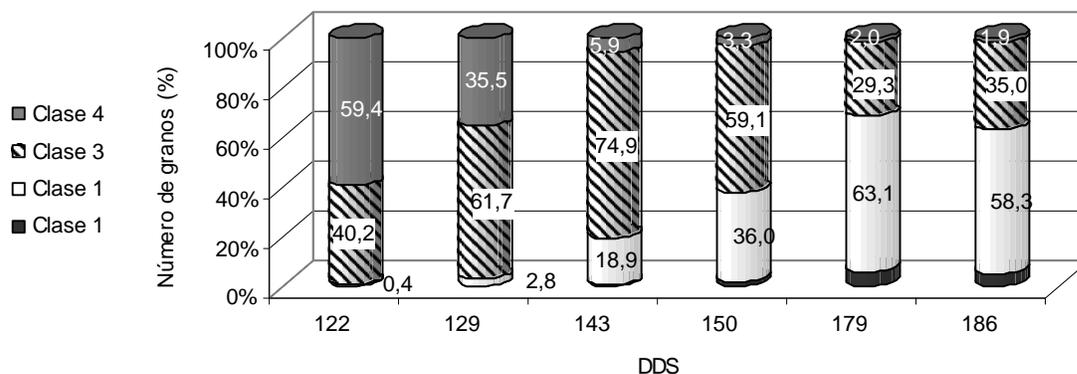


Figura 22. Evolución del NG de las cuatro clases (%), E. E. de Belén.

5.3.1.2. Evolución del NG total y de las cuatro clases para tres variedades, Ceac - Condoriri

La Figura 23 a, b y c muestran la evolución de los granos por panoja, para el NG total y de clase 1, 2, 3 y 4 para las tres variedades de quinua estudiadas en Condoriri. Donde para las tres variedades se observa una disminución del NG total en promedio de 2565 granos a los 139 DDS a 1759 granos a los 181 DDS. Situación que esta relacionada

con el ataque de pájaros, a pesar de haber protegido la panoja con bolsas de tul el ataque continuó. Al respecto Mújica (1977), citado por Tapia (1997), indica que el ataque de los pájaros, provoca pérdidas considerables llegando al 40 por ciento.

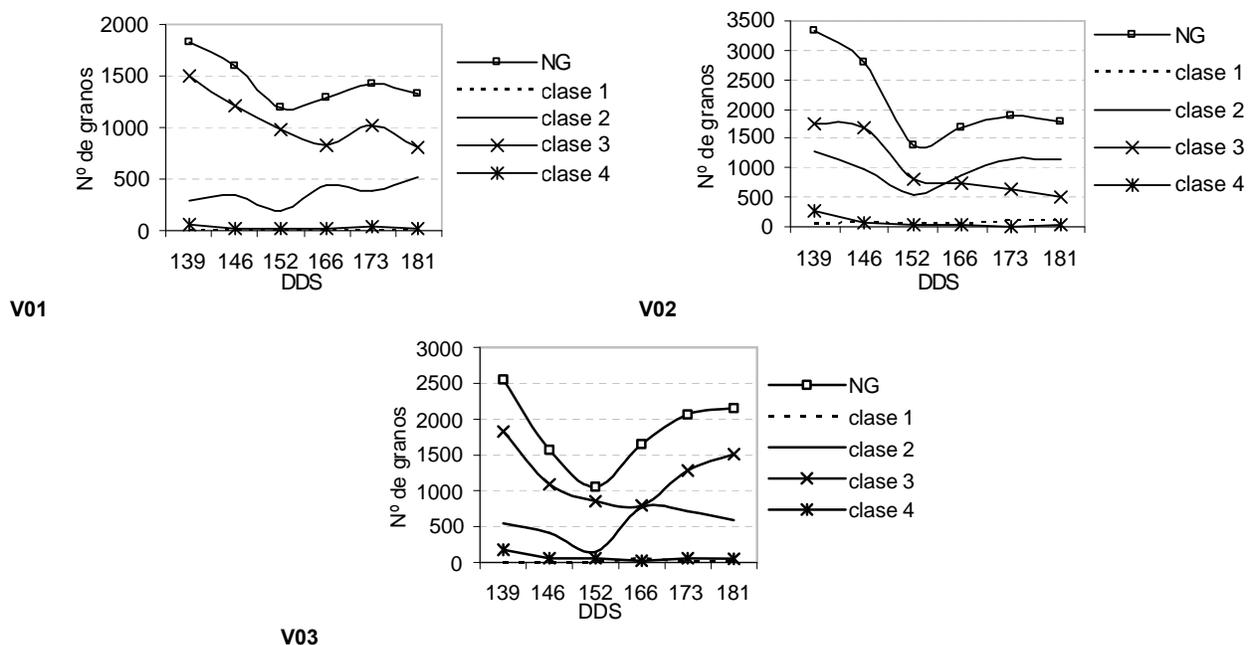


Figura 23. Evolución del NG total y de las 4 clases por panoja, de las tres variedades de quinua estudiadas en Condoriri.

En todas las fechas evaluadas, se observa que las variedades Chucapaca y Kamiri registraron mayor cantidad de granos de clase 3 que clase 2, por otra parte la variedad Surumi desde los 139 DDS hasta el espacio entre los 152 y 162 DDS, presenta más granos de clase 3, y a partir de ese momento más granos de clase 2. El NG de clase 1 y 4 están presentes pero en bajas cantidades.

La Figura 24 muestra que en promedio el NG de clase 1 y clase 2 incrementaron de 0.3% y 27.5% a los 139 DDS, a 1.9% y 42.4% a los 181 DDS, sin embargo los mayores porcentajes fueron 2.4% y 45.2% a los 166 DDS, en relación a los granos de clase 3 a los 139 DDS reportaron 65.7% incrementando a 72.9% y luego disminuyeron a 53.6% a los 181 DDS, los granos de clase 4 disminuyeron pues a 139 DDS ocuparon un 6.5% y a 181 DDS un 2.0 por ciento.

Se observó un efecto ambiental ligado principalmente a factores bióticos (pájaros), que provocaron pérdida de los granos, otro factor que influyó es la ubicación de la parcela, la cual se encontraba lejos del centro, lo cual no permitió controlar de una buena forma

el ataque. De no haber sido por el ataque se pudo obtener mejores resultados ya que se registraron buenas condiciones de lluvia, temperatura y suelo al presentar mejor fertilidad después de la E. E. de Belén un contenido de nitrógeno total de 0.64 g/Kg anexos (cuadro 4).

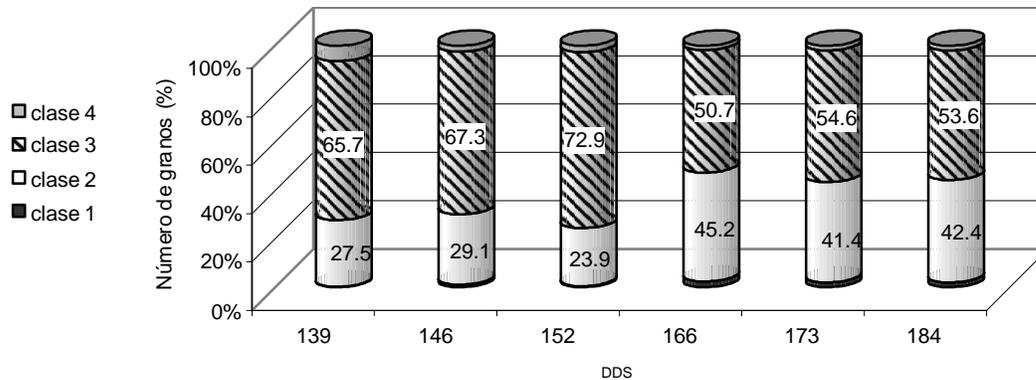


Figura 24. Evolución del porcentaje de NG de las 4 clases por panoja, Condoriri.

5.3.1.3. Evolución del NG total y de las clases 1, 2, 3 y 4 de tres variedades en Sivingani

La evolución del NG total, NG de clase 1 (diámetro >2.5 mm), clase 2 (diámetro 2.5 -2.0 mm), clase 3 (diámetro 2.0 -1.4 mm) y clase 4 (diámetro 1.4 -1.0 mm) por panoja, se presentan en las Figuras 25 a, b y c.

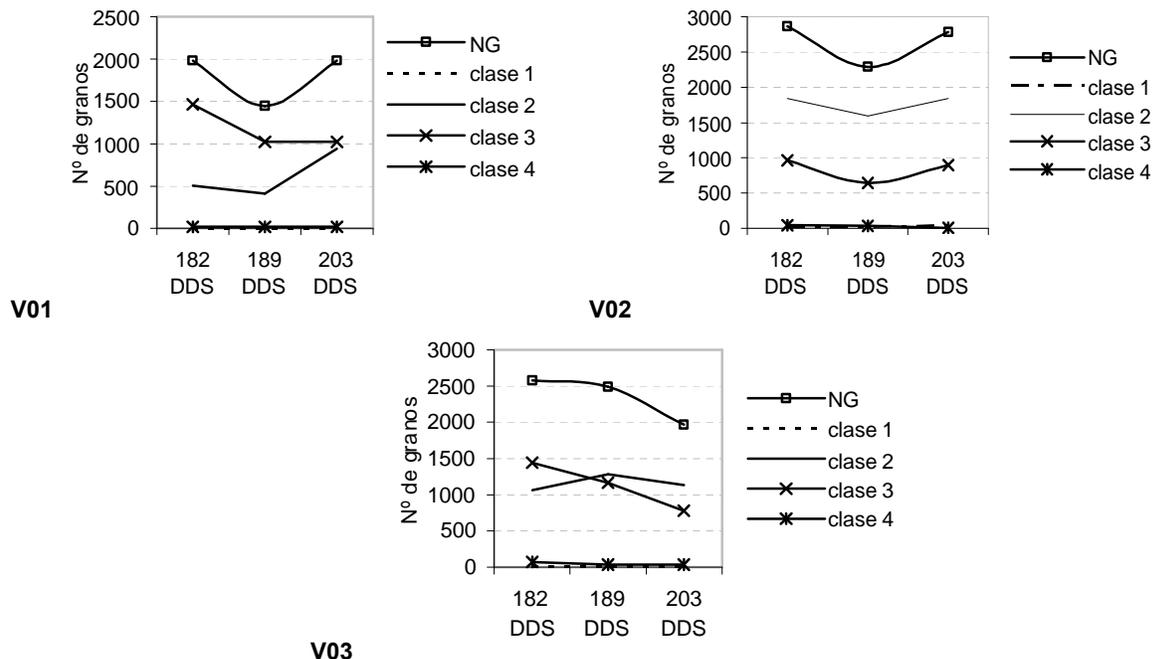


Figura 25. Evolución del NG total y de las 4 clases por panoja de las tres variedades estudiadas en Sivingani.

En la Figura 25 se muestra que las tres variedades a los 182 DDS registraron en promedio 2476 granos y 2244 granos a los 203 DDS, se ha observado también que la variedad Chucapaca presenta más granos de clase 3, en cambio las variedades Surumi y Kamiri más granos de clase 2, y al igual que aconteció en los otros sitios los granos de clase 1 y 4 están presentes en la panoja pero en bajas cantidades.

En general el NG de las clases 1 y 2 incrementaron, en cambio las clases 3 y 4 disminuyeron, esto se observa más objetivamente en la Figura 26. Donde en promedio para las tres variedades, los granos de clase 1 y 2 incrementaron de 0.3% y 45.8% a los 182 DDS a 0.6% y 58.3% a los 203 DDS, ocurrió lo contrario con los granos de clase 3 y 4 pues a los 182 DDS muestran 52.1% y 1.8%, para disminuir a los 203 DDS a 16.1% y 1.0 por ciento.

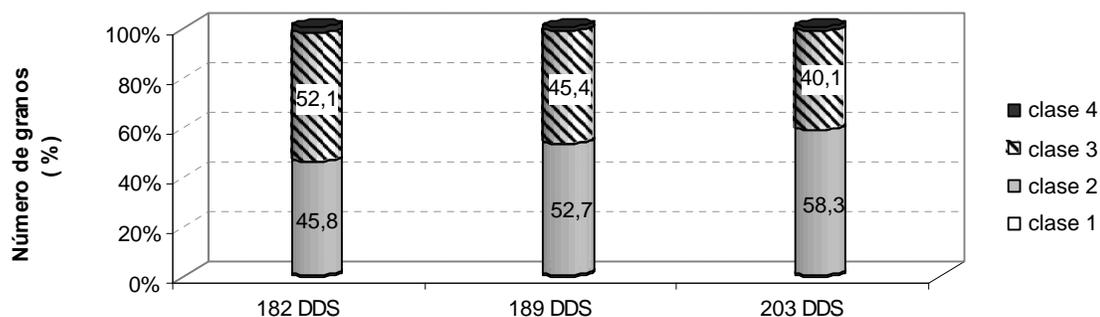


Figura 26. Evolución del NG de clase 1, 2, 3 y 4 (%) por panoja, Sivingani.

Para el NG que es uno de los componentes del rendimiento, en el Trigo cuando se sometió a limitaciones o mejoras se observó que una manipulación alrededor de la floración afectó más al NG que al afectar en otras etapas de desarrollo Slafer *et al.* (2004). Para el caso de Sivingani la floración se registró a partir del 8 de enero del 2004, mes en el que se presentaron buenas condiciones ambientales, es decir cero días con heladas, no existió restricciones hídricas y las temperaturas fueron favorables, estas condiciones favorecieron que Sivingani presentara este resultado.

5.3.2. Curvas de evolución de 10 variedades en la E. E. de Choquenaira

5.3.2.1. Porcentaje de materia seca de los glomérulos

La Figura 27 muestra la curva de evolución del porcentaje de MS de los glomérulos de diez variedades de quinua en la E. E. de Choquenaira, a partir de la fase de grano lechoso (FGL) hasta la cosecha.

En promedio para la diez variedades el porcentaje de MS de los glomérulos a los 126 DDS fue 19.4%, ampliando a 20.5%, 31.0%, 47.0%, 72.1% y 88.5% a los 133, 147, 155, 169 y 176 DDS respectivamente. Berti *et al.* (1997) encontraron un comportamiento casi similar pues la humedad de la panoja disminuyó de un 77.2% a los 30 días después de la floración, hasta un 6.7% a los 105 días después de la floración, es decir que el porcentaje de MS de la panoja incrementó de 22.8% a 93.3 por ciento.

Las variedades procedentes del Altiplano Sur presentaron los valores más altos, destacando la variedad Toledo naranja en relación a las demás variedades, mostrando un incremento de 20.6% en los 126 DDS a 90.6% en los 176 DDS. Esta situación se debió posiblemente a que las plantas de las variedades procedentes del sur, no presentaron un desarrollo óptimo ya que las condiciones climáticas y edáficas no fueron favorables principalmente para las variedades Toledo naranja, Toledo rojo y Real blanca.

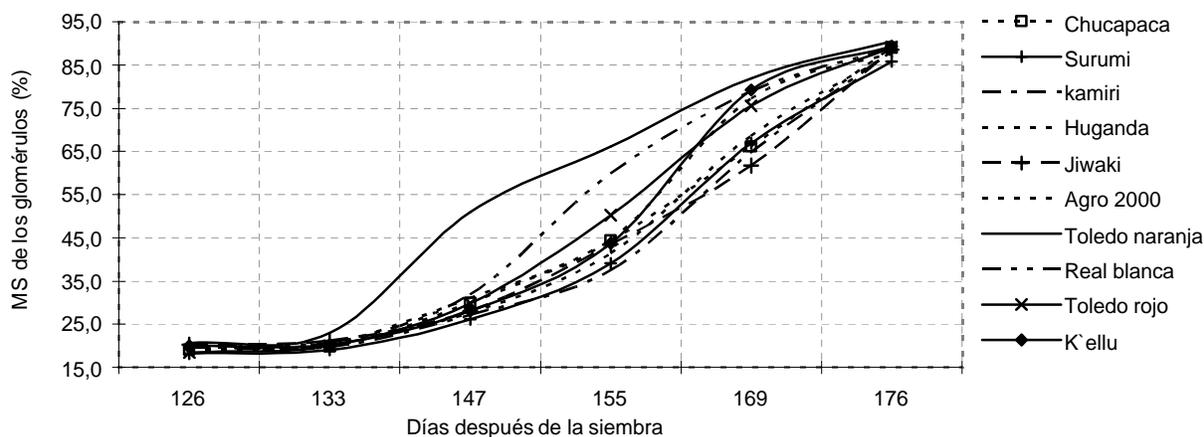


Figura 27. Evolución del porcentaje de MS de los glomérulos, desde la FGL hasta la cosecha de 10 variedades de quinua.

A los 169 DDS para la variedades del sur es decir, Toledo naranja, Real Blanca y K'ellu se alcanzó el porcentaje de humedad favorable para la cosecha mecánica de 12% a 22% (Burgasi *et al.*, 1990, citado por Berti *et al.*, 1997) ya que registraron 18.1%, 21.1% y 20.7% respectivamente. El resto de las variedades alcanzaron el porcentaje de humedad favorable entre los 169 y 176 DDS, pues a los 169 DDS se encontraban con valores entre 33.5% a 23% y a los 176 DDS entre 14.5% y 10.8%.

5.3.2.2. Peso específico o volumétrico

En la Figura 28 se presenta la evolución del peso específico en g/cc por panoja de los granos de 10 variedades de quinua a una temperatura de 65°C, desde la FGL hasta la cosecha.

Donde en promedio para las diez variedades los pesos específicos fueron 0.526, 0.606, 0.597, 0.604, 0.599 y 0.609 g/cc a los 126, 133, 147, 155, 169 y 176 DDS respectivamente. Observándose dos picos uno a los 133 DDS con 0.606 g/cc que esta relacionado seguramente con el mayor NG de clase 3, al respecto Espinoza (1996) mencionó que semillas de menor tamaño tendrán mayor peso específico; el segundo pico fue a los 176 DDS con 0.609 g/cc este punto máximo esta relacionado con la madurez de las semillas pues las semillas maduras presentan un mayor peso específico (Espinoza, 1996).

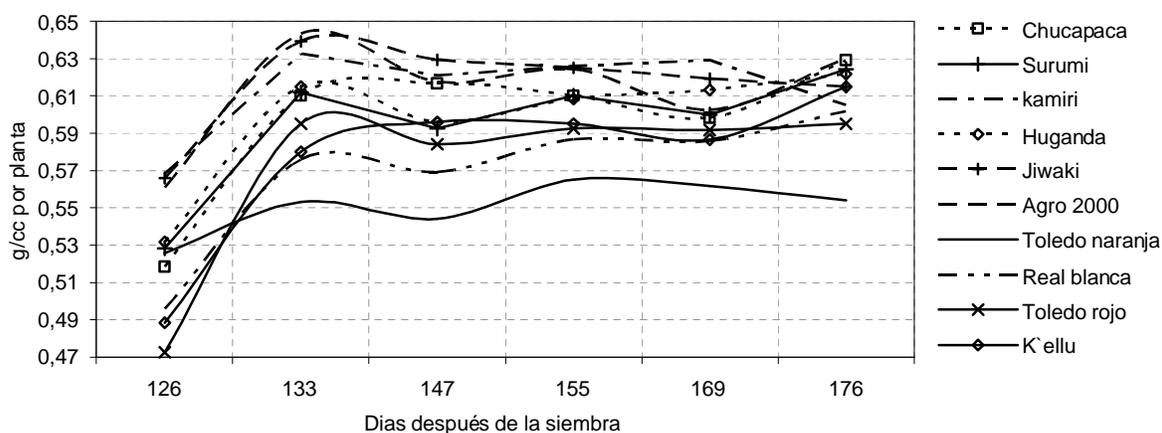


Figura 28. Evolución del peso específico (g/cc) de los granos de 10 variedades de quinua, desde la FGL hasta la cosecha.

Para el peso específico que es una variable que muestra como fue el llenado de granos, las variedades del sur Toledo naranja, Real blanca, Toledo rojo y K'ellu presentaron los valores más bajos, en relación a las demás variedades en todas las fechas evaluadas, situación que refleja que las condiciones que se presentaron en esta gestión en E. E. de Choquenaira no fueron favorables, pues en condiciones del Altiplano Sur presentan valores entre 0.734 a 0.837 g/cc (Contreras y Amusquivar 1992). Por otro lado Chipana (1992) reportó un valor de 0.719 g/cc para la variedad Real blanca a los 150 DDS en condiciones de la ex E. E. de Patacamaya en el altiplano central que en general presenta menores precipitaciones en relación a la E. E. de Choquenaira.

Las variedades que destacaron fueron las procedentes del Altiplano norte, es decir Agro 2000, Jiwaki seguido por la variedades kamiri, Chucapaca, Surumi y Huganda.

5.3.2.3. Peso de grano seco en (g/panoja)

En la Figura 29 se presenta la evolución del peso del grano de la panoja secado a 65 °C de temperatura, de 10 variedades de quinua desde la FGL hasta la cosecha. En promedio para las diez variedades el peso de grano fue 1.5, 2.7, 5.5, 6.6, 7.7 y 7.6 g/panoja a los 126, 133, 147, 155, 169 y 176 DDS respectivamente, destacando en todas las fechas las variedades Jiwaki y Agro 2000, la variedad con los valores más bajos fue Toledo naranja.

Las variedades Toledo rojo y Real blanca procedentes del Altiplano Sur, registraron en todas las fechas evaluadas los pesos más bajos, aspecto que esta ligado a las condiciones ambientales de la gestión agrícola acontecida en la E. E. de Choquenaira que fueron desfavorables influyendo en este resultado, como es el caso de la precipitación 495 mm durante el ciclo, mientras en Sivingani en general no ocurren altas precipitaciones presentando una media anual de 319 mm (MACA, 1988). Al respecto Slafer *et al.* (2004) indica que el peso de los granos esta influenciado por la potencialidad genética de cada cultivar y de las condiciones ambientales durante el periodo de llenado de los granos.

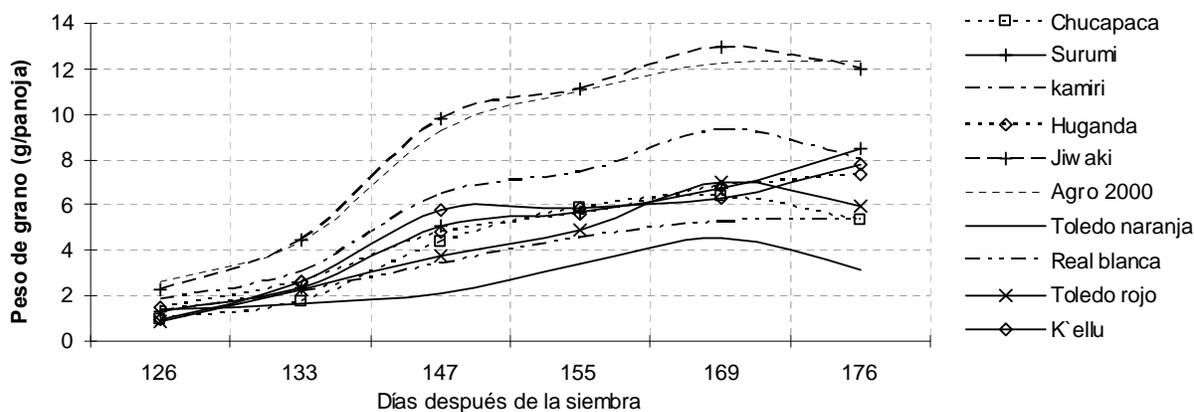


Figura 29. Evolución del peso de grano seco (g/panoja) de 10 variedades de quinua desde la FGL hasta la cosecha, E. E. de Choquenaira.

Las variedades Chucapaca, Kamiri, Jiwaki, Toledo naranja y Toledo rojo con 6.4, 9.3, 12.9, 4.5 y 7.0 g/panoja respectivamente alcanzaron el máximo peso seco a los 169 DDS, en cambio las variedades Surumi, Huganda, Agro 2000, Real blanca y k'ellu con

8.5, 7.3, 12.3, 5.3 y 7.8 g respectivamente alcanzaron el máximo peso seco de grano a los 176 DDS. El máximo peso seco del grano es considerado como el punto de desarrollo en el cual se alcanza la Madurez Fisiológica como indican varios autores (Shaw y Tom, 1951; Frey *et al.*, 1958 y Leninger y Urie, 1964, etc.).

Se notó que algunas variedades llegando al máximo peso de grano seco, mostraron una disminución como se muestra en el Cuadro 12, donde la variedad 1 (Chucapaca) registró una pérdida de 0.9 g/panoja, la variedad 3 (Kamiri) 1.2 g/panoja y la variedad 5 (Jiwaki), 7 (Toledo naranja) y 9 (Toledo rojo) perdieron 0.9, 1.5 y 0.9 g/panoja. Al respecto, Popinigis (1985) citado, por Chipana (1992) menciona que, el máximo peso ha sido apuntado como el mejor índice de estado de maduración, el mismo autor citó a Soplín (1981) quien afirmó que la máxima acumulación de materia seca marca la madurez fisiológica, y después de esta no se incrementa más el peso.

Cuadro 12. Pérdida de peso de variedades cosechadas a los 176 DDS.

Variedades	169 DDS (g/panoja)	176 DDS (g/panoja)	Perdida (g/panoja)
V ₀₁ (Chucapaca)	6.3	5.4	0.9
V ₀₃ (Kamiri)	9.3	8.1	1.2
V ₀₅ (Jiwaki)	12.9	12.0	0.9
V ₀₇ (Toledo naranja)	4.5	3.0	1.5
V ₀₉ (Toledo rojo)	6.9	6.0	0.9

Aunque no se puede descartar que pudiera ser el efecto de los pájaros que provocaron desgrane, pues en ocasiones se encontraron panojas con las bolsas de tul (protección) rotas. En relación a esto Berti *et al.* (1997) reportó un incremento del desgrane de 1.5% a los 147 DDS a 4.4% a los 175 días después de la siembra.

5.3.2.4. Número de granos (NG) de la panoja principal

En la Figura 29 y anexos (Cuadro 13) se presenta la evolución del NG por panoja para las diez variedades estudiadas, donde en promedio las variedades alcanzaron el mayor NG a partir de los 155, 169 y 176 DDS con 2077, 2346 y 2245 granos por panoja respectivamente, se ha observado también que destacaron las variedades Jiwaki, Agro 2000 mas al contrario las variedades del sur, Real blanca y Toledo naranja reportaron los valores más bajos.

Se encontró que en la evolución del NG de la panoja, existe un punto máximo que depende la variedad, así por ejemplo las variedades Chucapaca, Kamiri, Toledo naranja, Real blanca, Jiwaki y Agro 2000 presentaron a los 169 DDS 2543, 2787, 1338, 1616, 3501 y 3376 granos por panoja respectivamente; en cambio las variedades Surumi, Toledo rojo, K'ellu y Huganda presentaron a los 176 DDS el máximo valor con 2326, 2412, 2333 y 2055 granos por panoja respectivamente.

Para el caso de otros cultivos por ejemplo el girasol Trápani *et al.* (2004) indica que el NG depende de la producción de primordios florales y de la supervivencia de las flores diferenciadas, su fertilización y posterior cuaje de los embriones. En base a esto podemos inferir que las variedades del sur Toledo naranja, Toledo rojo y Real blanca probablemente presentaron problemas en esta etapa de desarrollo, por no estar adaptadas a las condiciones de esta parte del Altiplano lo cual influyó en el bajo NG en relación a las variedades del Altiplano Norte y Central.

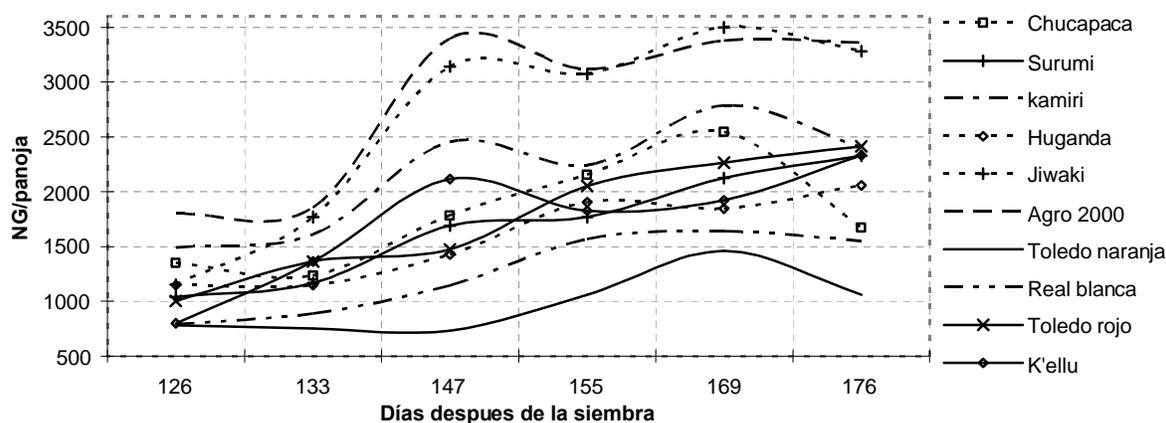


Figura 30. Evolución del NG de la panoja principal, E. E. de Choquenaira.

Otro factor que influye en el NG es la temperatura y el déficit hídrico, y esta directamente relacionado con la floración, al respecto Trápani *et al.* (2004) mencionan que las altas temperaturas aceleran la fase de floración y las bajas inducen una menor funcionalidad posterior a las flores iniciadas con consecuencias negativas en el NG, un estrés hídrico en esta etapa también reduce el NG en girasol. En este sentido podemos indicar que en la E. E. de Choquenaira en la floración que aconteció en febrero no se presentaron heladas, existió buenas temperaturas y no existió estrés hídrico, situación que aprovecharon mejor las variedades Jiwaki y Agro 2000 que proceden de la ex E. E. de Belén en el Altiplano Norte.

5.3.2.5. NG de clase 1 (diámetro >2.5 mm) en la panoja

En la figura 31 y anexos (cuadro 13) se presenta la evolución del NG de clase 1 por panoja para las diez variedades, donde en promedio a los 126 DDS presentaron 0 granos de esta clase, incrementando a 140 granos a los 169 DDS. Se observó que destacaron las variedades Jiwaki, Agro 2000, K'ellu, Surumi y Real blanca al contrario la variedad Chucapaca no muestra granos de esta clase en ninguna fecha evaluada.

Como se pudo notar el tiempo en el que se alcanza el máximo NG de clase 1 depende de la variedad, llegando a este punto las variedades del Altiplano sur así como la variedad Surumi y Jiwaki entre los 169 y 176 DDS. En cambio las variedades Kamiri, Huganda y Agro 2000 a los 155 DDS.

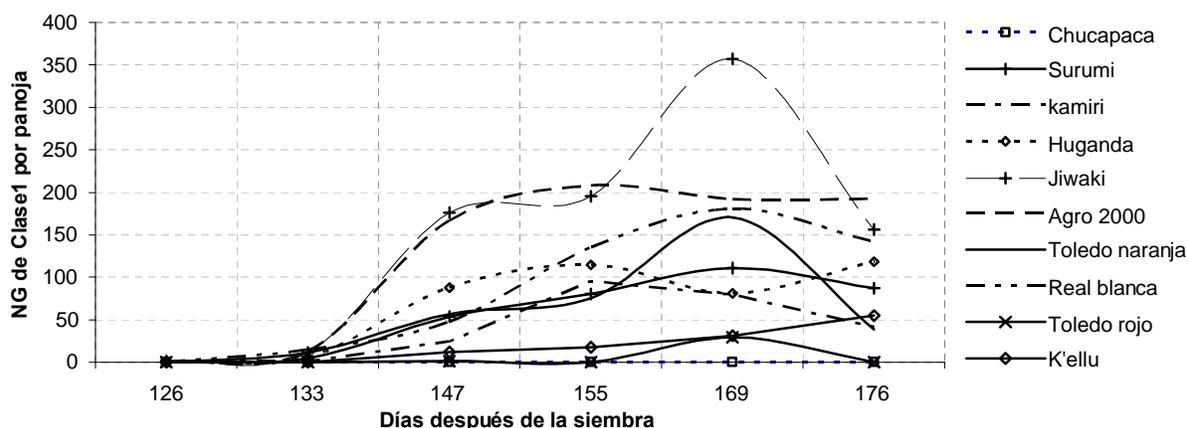


Figura 31. Evolución del NG de clase 1 por panoja, de las 10 variedades.

Se observó una disminución del NG de clase 1 a los 176 DDS en general para las variedades, aspecto que seguramente esta ligado a que estos granos alcanzaron la madurez fisiológica, es decir que se liberaron de la planta madre y probablemente cayeron al suelo. Al respecto Browne (1978), indica que en la madurez fisiológica, el funículo se rompe, debido a la formación de un nivel de abscisión, y la semilla se constituye en una unidad independiente.

5.3.2.6. NG de clase 2 (diámetro 2.5 - 2.0 mm) en la panoja

La evolución del NG de clase 2 de la panoja principal, para las diez variedades se presenta en la Figura 32 y anexos (Cuadro 13), donde las variedades Chucapaca, Kamiri, Agro 2000, Toledo naranja, Real blanca y Toledo rojo muestran un incremento máximo de 1279, 1412, 2084, 799 y 147 granos respectivamente a los 169 DDS, en

cambio las variedades Surumi, Huganda, Jiwaki y K'ellu muestran el máximo NG de clase 2 con 1508, 1273, 2155 y 1251 granos respectivamente, a los 176 DDS.

Se aprecia también que destacaron a partir de los 133 DDS las variedades Jiwaki y Agro 2000, las que menor NG de clase 2 presentaron fueron las variedades Real blanca y Toledo naranja, y que en general para todas las variedades el mayor NG de clase 2 se registró entre los 169 y 176 DDS, lo cual parece importante porque los granos de este diámetro aportan más al peso de los granos y por lo tanto al rendimiento.

Los modelos sigmoideos han sido descritos como los más apropiados para caracterizar el crecimiento de los granos pese a que en el momento en el cual cesa la acumulación de biomasa no puede identificarse exactamente (Miralles *et al.*, 2000). Al ser los granos de clase 2 los más relevantes en la panoja, se observa que de las cuatro clase de granos que se ha evaluado los granos de clase 2 es decir con un diámetro entre 2.0 mm y 2.5 mm, se ajustan mejor al modelo sigmoideo.

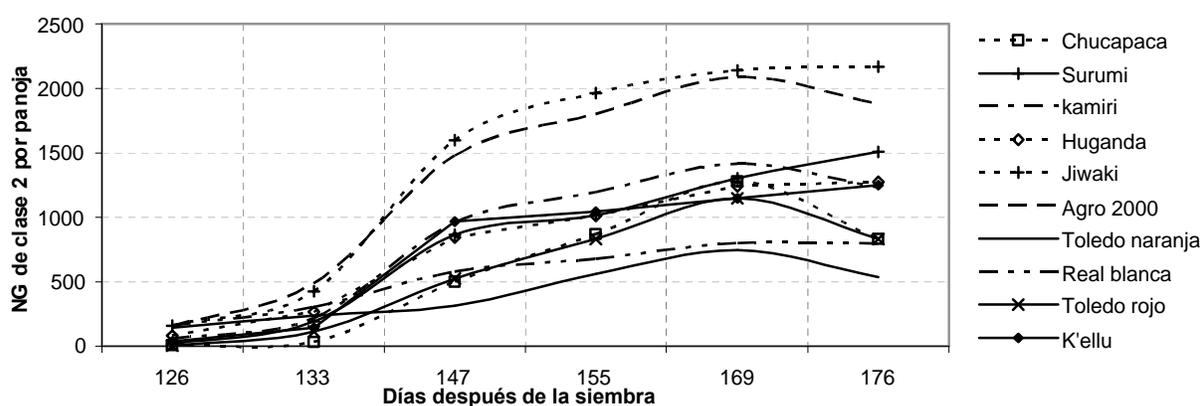


Figura 32. Evolución del NG de clase 2 por panoja, de las 10 variedades.

5.3.2.7. NG de clase 3 (diámetro 2.0 - 1.4 mm) en la panoja

En la Figura 33 y anexo (Cuadro 13) se observa, la evolución del NG de clase 3 de la panoja, para las diez variedades desde la fase de grano lechoso (126 DDS) hasta los 176 DDS, donde las variedades Kamiri, Jiwaki y Agro 2000 destacaron, en contraposición se encuentran las variedades Toledo naranja y Real blanca.

Se observa también que las curvas son del tipo polinómicas (cuadráticas y cúbicas), lo cual esta relacionado directamente con el desarrollo del grano y las fechas de corte de las muestras, donde el máximo NG de clase 3 depende de la variedad, así por ejemplo para las variedades se alcanzó el mayor NG de clase 3 entre los 126 DDS y 147 DDS a

excepción de la variedad Chucapaca que fue a los 155 DDS. Son tres las etapas de desarrollo del grano la primera se denomina fase “lag” donde el peso individual del grano se incrementa muy levemente, en la segunda hay una marcada acumulación de biomasa en el grano y la tercera etapa donde de crecimiento del grano es nula (Miralles *et al.*, 2004 citado por Satorre *et al.*, 2004). Podemos indicar que los granos de clase 3 se encuentran en la segunda y tercera de desarrollo del grano, pues su diámetro se encuentra entre 1.4 y 2.0 mm.

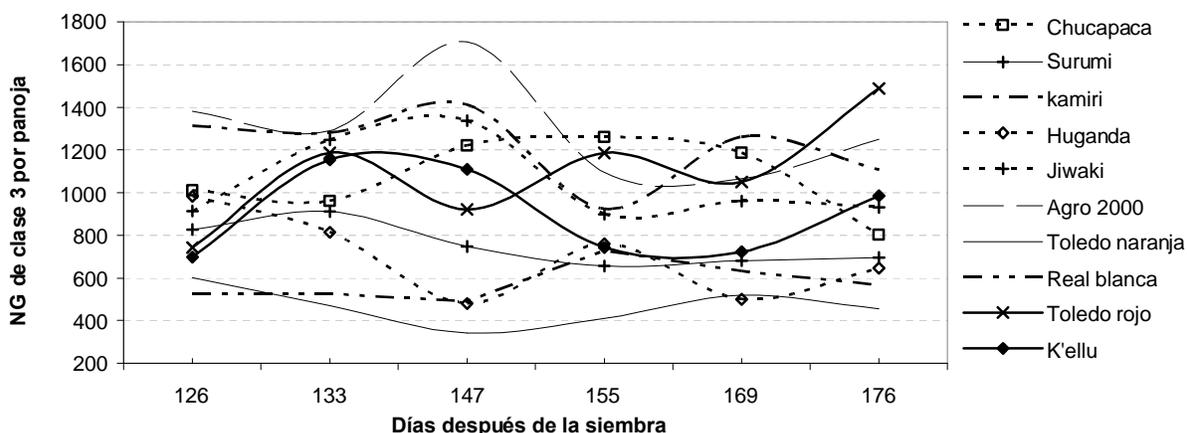


Figura 33. Evolución del NG de clase 3 por panoja, de las 10 variedades.

5.3.2.8. NG de clase 4 (diámetro 1.4 - 1.0 mm) en la panoja

La Figura 34 muestra la evolución del NG de clase 4 de la panoja, desde los 126 DDS hasta 176 DDS, donde las variedades en promedio a los 126 DDS registraron el valor más alto 153 granos, disminuyendo a 40 granos a los 176 DDS, también se observa que destacó la variedad Chucapaca frente al resto de variedades.

Los granos de clase 4 a los 126 DDS se encuentran en mayor cantidad en la panoja, por ello podríamos indicar que corresponden a la primera fase de desarrollo del grano. Al respecto Satorre *et al.* (2004) indican que la primera fase de desarrollo del grano es la “fase lag” y se da posterior a la floración, pero sin crecimiento activo del grano, caracterizado por un activo desarrollo del que dependen las células del endospermo. Pero también se encontraron granos de clase 4 a los 176 DDS, situación que al parecer esta ligada a la asincronía en la floración de la panoja. Una parte de las flores en los glomérulos está en pre-antesis, la otra en antesis y las demás en formación o llenado del grano, lo que permite asegurar la producción de semilla en una eventual sequía en dicha etapa fenológica (Mujica *et al.*, 2001).

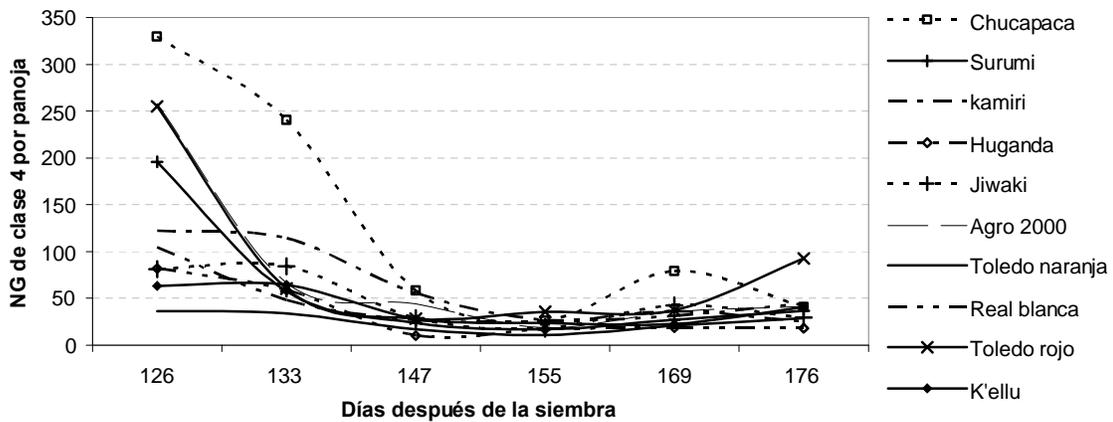


Figura 34. Evolución del NG de clase 4 por panoja, de las 10 variedades.

En la figura 35 se presenta la evolución del porcentaje del NG de las cuatro clases 1 (diámetro > 2.5 mm), 2 (diámetro 2.5 – 2.0 mm), 3 (diámetro 2.0 – 1.4 mm) y 4 (diámetro 1.4 – 1.0 mm), desde los 126 DDS hasta los 176 DDS, donde el porcentaje de granos de clase 1 incrementa a los 126 DDS con 0.02% a 5.4 % a los 169 DDS, lo mismo ocurre con los granos de clase 2 que incrementaron de 7.8% a los 126 DDS a 55.9% a los 169 DDS, sucede lo contrario con los granos de clase 3 y 4 a los 126 DDS registraron 79.0% y 13.2%, disminuyendo luego a 41.3% y 2.1% a los 176 días después de la siembra.

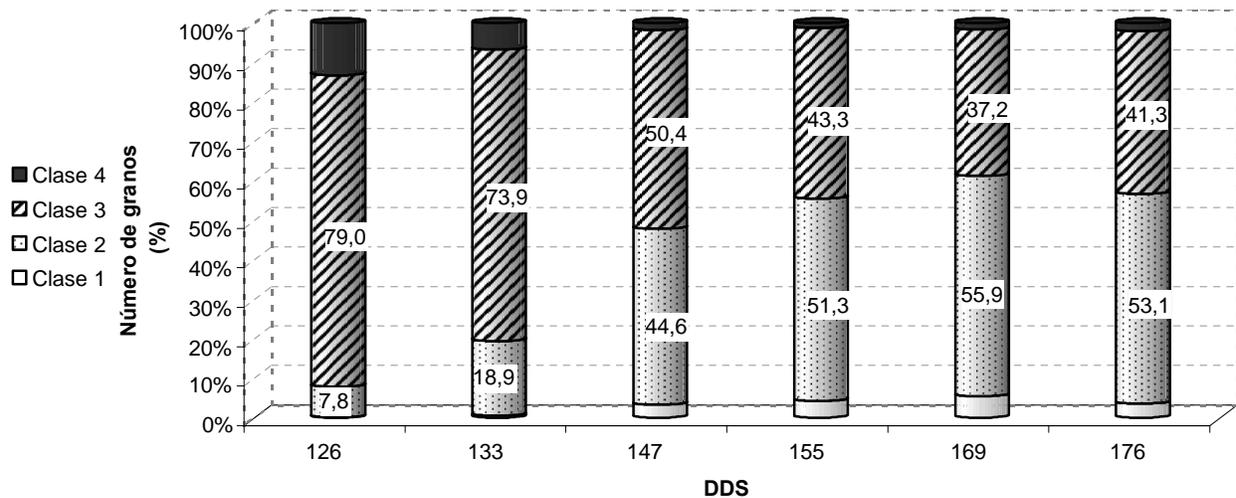


Figura 35. Evolución de los granos (%) de cuatro clases, E. E. de Choquenaira.

Bajo las condiciones de la E. E. de Choquenaira, y para cualquier gestión agrícola en general convendría realizar la cosecha cuando exista más granos de clase 2 para obtener mejores beneficios, particularmente en esta gestión fue entre los 169 y 176 días después de la siembra en promedio para las diez variedades.

5.4. Análisis estadístico de las variables de respuesta en los cuatro sitios, para la cosecha

5.4.1. Longitud de la panoja

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 15), en el mismo se observa que el coeficiente de variación (CV) fue 16.97%, existieron diferencias altamente significativas para el factor localidades y significativas para el factor variedad en cambio para los bloques así como para la interacción localidad por variedad no existieron diferencias significativas. En el Cuadro 13 se muestra la prueba de comparación de medias para el factor localidad.

Cuadro 13. Prueba de Duncan para comparar la longitud de la panoja (cm), entre localidades.

Sitio	LP (cm)	Duncan (5%)
Belén	40.9	a
Sivingani	29.7	b
Condoriri	23.6	c
Choquenaira	22.3	c

LP: Longitud de panoja

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística muestra que la longitud más alta y diferente al resto se registró en la E. E. de Belén (40.9 cm), seguido por Sivingani, Condoriri y la E. E. de Choquenaira que fueron similares estadísticamente.*

López (2000), encontró diferencias en la longitud de la panoja entre localidades, pues el promedio de las variedades Chucapaca y Kamiri fueron 26.2 cm y 10.4 cm para las condiciones de E. E. de Choquenaira y la E. E. de Belén respectivamente. Donde en la E. E. de Choquenaira durante los meses más lluviosos se registraron 202.5 mm, en cambio en la E. E. de Belén 129.7 mm, en relación a la temperatura fueron más altas en E. E. de Choquenaira con una máxima de 20.4 °C en cambio en Belén 17.6 °C.

Por otra parte el Cuadro14 muestra la comparación de medias para el factor variedad, según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad la variedad Surumi con 31.9 cm fue diferente y superior a la variedad Kamiri, sin embargo la variedad Chucapaca fue similar a ambas variedades.

Cuadro 14. Prueba de Duncan para comparar la longitud de la panoja (cm), entre variedades.

Variedad	LP (cm)	Duncan (5%)
Surumi	31.9	a
Chucapaca	29.2	a b
Kamiri	26.2	b

LP: Longitud de panoja

Según Espíndola (1996) la longitud de la panoja de las variedades Chucapaca, Surumi y Kamiri son 30.0 cm, 34.0 cm y 20.0 cm respectivamente, los valores encontrados en la presente investigación casi concuerdan con estos valores, pues la variedad Surumi presentó el valor más alto, seguido por las variedades Chucapaca y Kamiri.

5.4.2. Diámetro de la panoja

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 15), el mismo refleja un CV de 15.46%, donde existieron diferencias altamente significativas para el factor localidad, para el factor variedad, bloques e interacción localidad por variedad no existieron diferencias significativas.

Cuadro 15. Comparación de medias del diámetro de la panoja (cm), entre localidades.

Sitio	DP(cm)	Duncan (5%)
Belén	4.9	a
Condoriri	3.2	b
Sivingani	3.1	b
Choquenaira	2.9	b

DP: diámetro de panoja

En el Cuadro 15 se muestra la prueba de comparación de medias para el factor localidad, donde, de acuerdo a la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, el diámetro registrado en la E. E. de Belén 4.9 cm fue superior y diferente a los valores registrados en Condoriri, Sivingani y Choquenaira, valores similares estadísticamente.

En estudios realizados por López (2000) en condiciones de la E. E. de Choquenaira, donde la precipitación y la temperatura fueron mayores que en la E. E. de Belén durante esa gestión agrícola, también encontró diferencias para esta variable pues en promedio para las variedades Chucapaca y Kamiri reportó 5.1 cm y 2.9 cm para E. E. de Choquenaira y Belén respectivamente.

5.4.3. Porcentaje de materia seca de los glomérulos (%MS)

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 16), el CV fue 3.92%, existieron diferencias altamente significativas para los factores localidad, variedad, interacción localidad por variedad y bloques.

Las diferencias dentro del factor localidad se presentan en el Cuadro 16. Donde la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, muestra que el porcentaje de MS de los glomérulos fue similar para Condoriri, Belén y Choquenaira, el valor más bajo se registró en Sivingani 63.0 por ciento.

Cuadro 16. Comparación de medias del porcentaje de MS de glomérulos, entre localidades.

Sitio	Media (%)	Duncan (5%)
Belén	91.6	a
Condoriri	91.0	a
Choquenaira	87.9	a
Sivingani	63.0	b

El Cuadro 17 muestra la prueba de comparación de medias (Duncan) al 5% de probabilidad para el factor variedad; donde la variedad Surumi con 85.6% fue superior y diferente a las variedades Chucapaca y Kamiri, estas dos últimas variedades fueron similares.

Cuadro 17. Comparación de medias del porcentaje de MS de glomérulos, entre variedades.

Variedad	Media (%)	Duncan (5%)
Surumi	85.6	a
Chucapaca	82.7	b
Kamiri	81.8	b

Por otro parte el ANVA de efectos simples para la interacción localidad por variedad, se presenta en anexos (Cuadro 16), el cual muestra que existieron diferencias altamente significativas de las variedades dentro de Sivingani, en cambio en la E. E. de Choquenaira, Condoriri y la E. E. de Belén no existieron diferencias significativas entre variedades. En la Figura 36 se presentan los datos, que permiten corroborar las diferencias encontradas en el análisis de varianza de efectos simples, que se presentaron para esta variable de respuesta.

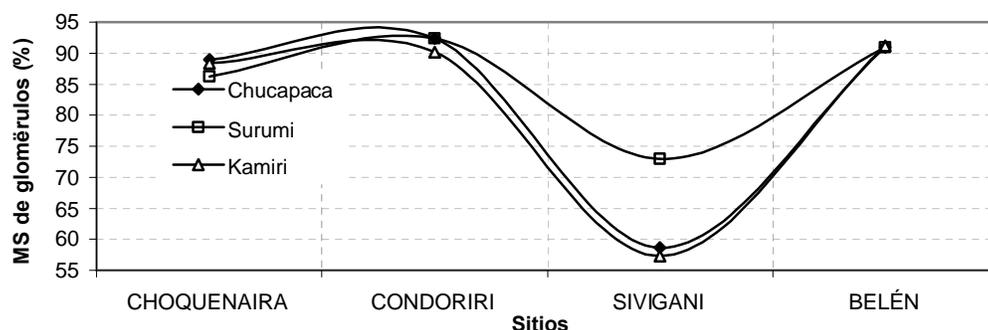


Figura 36. Interacción localidad por variedad del porcentaje de MS de los glomérulos.

La comparación de medias de las tres variedades dentro de Sivingani se presenta en el Cuadro 18, donde la prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra que en Sivingani, la variedad Surumi con 72.9% superó a la variedades Chucapaca y Kamiri que además fueron similares.

Cuadro 18. Comparación de medias del porcentaje de MS de glomérulos, entre variedades en Sivingani.

Variety	Media (%)	Tukey (5%)
Surumi	72.9	a
Chucapaca	58.7	b
Kamiri	57.3	b

Otro aspecto que se puede notar es, el efecto del ambiente en el porcentaje de MS de los glomérulos de las tres variedades, siendo en Sivingani donde se registraron los valores más bajos como se presenta en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Comparación de medias del porcentaje de MS de glomérulos de las localidades dentro de las variedades.

Sitios	Variedades					
	Chucapaca		Surumi		Kamiri	
	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)
Condoriri	92.3	a	92.3	a	90.2	a
Belén	90.9	a	90.9	a	91.2	a
Choquenaira	89.0	a	86.2	a	88.4	a
Sivingani	58.7	b	72.9	b	57.3	b

La Prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra que, para las tres variedades Sivingani presentó un efecto diferente al de los otros tres sitios que fueron similares, reportando los valores más bajos 58.9%, 72.9% y 57.3% para las variedades

Chucapaca, Surumi y Kamiri respectivamente. Situación que se puede atribuir a la lluvia que fue mayor y que prolongó el periodo de llenado de granos.

En ensayos anteriores Berti *et al.* (1997) halló para los 176 DDS 93.3% de MS de la panoja, valor superior al encontrado en Sivingani en 30.3%. Entonces podemos indicar que para el porcentaje de MS de los glomérulos existió el efecto ambiental, también Ballon (1982) citado por Carlo (1996), al estudiar variedades de quinua en cuatro ambientes del Altiplano boliviano, encontró diferencias en la estabilidad de las localidades como consecuencia del efecto ambiental.

5.4.4. Peso de grano (PG) seco (g/panoja)

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 17), donde el CV fue 24.47%, existieron diferencias altamente significativas para localidades y diferencias significativas para el factor variedad, pero para la interacción y bloques no existieron diferencias. Las diferencias existentes dentro del factor localidad se presentan en la comparación de medias del Cuadro 20.

Cuadro 20. Comparación del PG seco (g/panoja), entre localidades.

Sitio	Media (g/panoja)	Duncan (5%)
Belén	28.9	a
Sivingani	7.7	b
Choquenaira	7.3	b
Condoriri	6.5	b

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad, muestra que la E. E. de Belén fue superior y diferente a Sivingani, Choquenaira y Condoriri, con valores estadísticamente similares. El mayor peso de grano registrado en la E. E. de Belén frente a los otros sitios puede atribuirse, en primer lugar a la fertilidad del suelo (mayor contenido de nitrógeno) anexos (cuadro 4), que fue mayor en Belén en relación a los otros sitios, al respecto Cantolic *et al.* (2004) indican que se observaron incrementos en el peso de las semillas ante mejoras en la nutrición nitrogenada resultado del alargamiento del periodo del llenado de granos.

El Cuadro 21 muestra la prueba de comparación de medias (Duncan al 5% de probabilidad), donde la variedad Surumi fue superior y diferente a las variedades Kamiri y Chucapaca, las variedades Kamiri y Chucapaca fueron similares.

Cuadro 21. Comparación de medias del PG seco (g/panoja), entre variedades.

Variedad	Media (g/panoja)	Duncan (5%)
Surumi	14.6	a
Kamiri	12.1	b
Chucapaca	11.1	b

Según Cantolic *et al.* (2004) el peso final del grano esta en función de su tasa de crecimiento y de la duración del periodo del llenado de granos, ambos están gobernados genéticamente y varían de acuerdo a las condiciones ambientales, las diferencias entre genotipos pueden atribuirse a la tasa de crecimiento, que es mayor para semillas grandes ($8-10 \text{ g semilla}^{-1} \text{ día}^{-1}$) que pequeñas ($4 \text{ g semilla}^{-1} \text{ día}^{-1}$). Lo cual significa que la variedad Surumi (1.6 g día^{-1}) presentó una tasa de crecimiento mayor que las variedades Kamiri (0.9 g día^{-1}) y Chucapaca (0.1 g día^{-1}) los datos corresponden a la E. E. de Choquenaira.

Por otro parte Alcón (2005) encontró 2.8 g/planta para la variedad Blanca de Yanamuyu y 2.4 g/planta para la variedad Surumi, valores encontrados en ambos casos para la cosecha valores por debajo de los encontrados.

5.4.5. Peso específico o volumétrico de los granos

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 17), donde el CV fue 6.15%, existieron diferencias altamente significativas entre sitios, para variedades, bloques e interacción localidad por variedad no existieron diferencias.

Las diferencias dentro del factor localidad mediante la comparación de medias, se presentan en el Cuadro 22. Donde la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, muestra que el peso específico encontrado en Belén (0.680 g/cc) fue superior a los encontrados en Sivingani y Choquenaira, pero 0.655 g/cc encontrado en Condoriri fue similar a los valores encontrados en Belén, Sivingani y Choquenaira.

Cuadro 22. Comparación de medias del peso específico de los granos (g/cc), entre localidades.

Sitio	Media (g/cc)	Duncan (5%)
Belén	0.680	a
Condoriri	0.655	a b
Sivingani	0.633	b
Choquenaira	0.618	b

El peso volumétrico es un parámetro que estima el llenado de los granos y que a su vez implica el grado de desarrollo (Espinoza, 1996), según el análisis estadístico las condiciones de la E. E. de Belén permitieron obtener el mayor peso volumétrico lo cual significa que los granos maduraron satisfactoriamente, esto es corroborado también por el mayor porcentaje de granos de clase 1 y 2 presentes en la panoja. El mismo autor indicó que la variable en estudio dependía del tamaño, forma, etc. de los granos y que a menor tamaño mayor peso volumétrico, esto ocurrió en Condoriri ya que presentaron más granos de clase 3, en comparación a los otros sitios.

Arze *et al.* (1977), citado por Lescano (1994) al realizar una comparación sectorizada, encontraron una gradiente creciente para el tamaño de grano y decreciente para el peso volumétrico, del anillo circunlacustre hacia la zona de menor influencia del lago Titicaca. Para este caso sucedió también lo mismo para el peso volumétrico existe una gradiente decreciente a menor influencia del lago Titicaca.

5.4.6. Número de granos (NG) por panoja

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 18), el CV fue 22.38%, existieron diferencias altamente significativas para el factor localidad e interacción localidad por variedad, y diferencias significativas para el factor variedad, para los bloques no existieron diferencias significativas. Las diferencias dentro del factor localidad se presentan en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Comparación de medias del NG por panoja, entre localidades.

Sitio	Media (NG/panoja)	Duncan (5%)
Belén	9024	a
Sivingani	2244	b
Choquenaira	2135	b
Condoriri	2027	b

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad, muestra que el NG en la E. E. de Belén (9024 granos /panoja), fue superior y diferente a los valores registrados en Sivingani, E. E. de Choquenaira y Condoriri, valores estadísticamente similares.

En el Cuadro 24 se muestra la comparación de medias para el factor variedad. Donde la prueba de Duncan al 5% de probabilidad muestra que, la variedad Surumi con 4336

granos/panoja fue superior y diferente a la variedad Kamiri, pero la variedad Chucapaca fue similar a ambas variedades.

Cuadro 24. Comparación de medias del NG por panoja, entre variedades.

Variedad	Media (NG/panoja)	Duncan (5%)
Surumi	4336	a
Chucapaca	3748	a b
Kamiri	3489	b

Por otro lado el ANVA de efectos simples para la interacción localidad por variedad, se presenta en anexos (Cuadro 18), donde se observa que hay diferencias altamente significativas de las variedades en la E. E. de Belén, pero en la E. E. de Choquenaira, Condoriri y Sivingani no existieron diferencias. Para corroborar estos datos la Figura 37 muestra las diferencias.

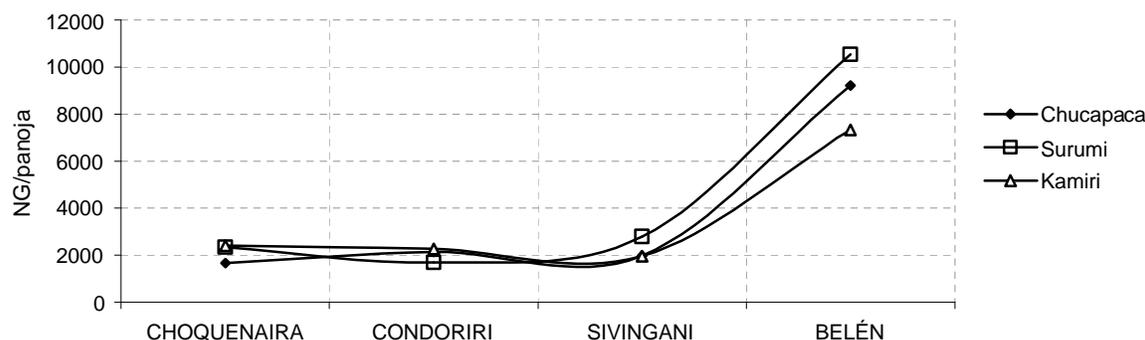


Figura 37. Interacción localidad por variedad del NG por panoja.

La comparación de medias de las tres variedades dentro de la E. E. de Belén se presenta en el Cuadro 25. Donde la prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra que, la variedad Surumi y Chucapaca fueron similares, además superiores a la variedad Kamiri. Las diferencias encontradas en la E. E. de Belén, quizá se atribuyan al tamaño de grano como se observó en la curva de evolución pues la variedad Kamiri registró más granos con un diámetro mayor a 2.5 mm que redujeron el NG total, repercutiendo en la diferencia frente a las otras variedades.

Cuadro 25. Comparación de medias del NG por panoja entre variedades, en la E. E. de Belén.

Variedad	Media (NG/panoja)	Tukey (5%)
Surumi	10550	a
Chucapaca	9203	a
Kamiri	7318	b

Se observa también un efecto del ambiente sobre esta variable, el Cuadro 26 muestra la comparación de medias donde la prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra que para las tres variedades la E. E. de Belén presentó condiciones ambientales que favorecieron el desarrollo del NG frente a los otros sitios, con 9203, 10550 y 7310 granos/panoja para las variedades Chucapaca, Surumi y Kamiri respectivamente, los otros tres sitios fueron similares estadísticamente.

Se observa la superioridad de la E. E. de Belén frente a las otras localidades, atribuible a la fertilidad de suelo que fue mayor en la E. E. de Belén anexos (cuadro 4), pues las condiciones climáticas no fueron favorables mas en los otros sitios si lo fueron, como se aprecia en la parte climática.

Cuadro 26. Comparación de medias del NG por panoja de sitios en variedades.

Sitio	Variedades (NG/panoja)					
	Chucapaca		Surumi		Kamiri	
	Media	Tukey (5%)	Media	Tukey (5%)	Media	Tukey (5%)
Belén	9203	a	10550	a	7318	a
Condoriri	2134	b	1680	b	2270	b
Sivingani	1982	b	2786	b	1964	b
Choquenaira	1674	b	2326	b	2403	b

El NG es un componente del rendimiento que presenta influencia genética y ambiental, en otros cultivos como el girasol el NG es el componente que mayor variación genotípica y fenotípica muestra, en distintas condiciones ambientales, el NG varía entre 3000 y 6000 granos por m² de cultivo (Mercau *et al.*, 1995).

5.4.7. Porcentaje del NG de clase 1 (diámetro >2.5 mm) por panoja

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 19), el CV fue 37.70%, existieron diferencias altamente significativas para el factor localidad, variedad e interacción localidad por variedad, para los bloques no existieron diferencias.

Las diferencias dentro del factor localidad se presentan en el Cuadro 27, donde la prueba de Duncan, muestra que el porcentaje de NG de clase 1, de la E. E. de Belén 5.4% fue superior a los valores registrados en los otros sitios, seguido por la E. E. de Choquenaira y Condoriri, el valor de Sivingani 0.5% fue inferior al de todos los otros sitios de estudio.

Cuadro 27. Comparación de medias para el NG de clase 1 (%) por panoja, entre localidades.

Sitio	Media (%)	Duncan (5%)
Belén	5.4	a
Choquenaira	1.6	b
Condoriri	1.5	b
Sivingani	0.5	c

Por otro lado el Cuadro 28 muestra la comparación de medias entre variedades, donde según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad las tres variedades presentaron diferencias, siendo la variedad Kamiri con 3.7% superior, seguido por las variedades Surumi y Chucapaca.

Cuadro 28. Comparación de medias para el NG de clase 1 (%) por panoja, entre variedades.

Variedad	Media (%)	Duncan (5%)
Kamiri	3.7	a
Surumi	3.0	b
Chucapaca	0.1	c

El ANVA para efectos simples de esta variable se presenta en anexos (Cuadro 19), donde se observa que en la E. E. de Choquenaira, la E. E. de Belén y Condoriri las tres variedades mostraron diferencias, Sivingani no presentó diferencias, estas diferencias son corroboradas por la Figura 38, donde se observan los datos.

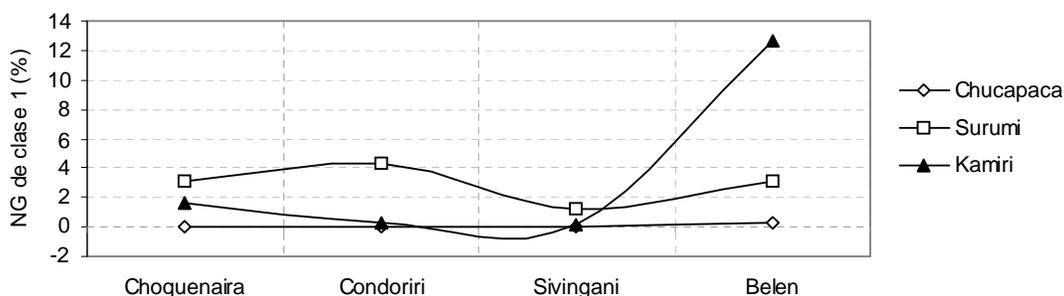


Figura 38. Interacción localidad por variedad del NG de clase 1(%) por panoja.

En el Cuadro 29 se presenta la prueba de medias del NG de clase 1 (%) por panoja, de las variedades en la E. E. de Choquenaira, la E. E. de Belén y Condoriri. Donde la prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra que, en la E. E. de Choquenaira las variedades Surumi y Kamiri fueron estadísticamente superiores a la variedad Chucapaca.

Cuadro 29. Comparación de medias del NG de clase 1(%) por panoja, entre variedades en la E. E. de Choquenaira, Condoriri y la E. E. de Belén.

Sitios	Choquenaira		Condoriri		Belen	
	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)
Surumi	3.1	a	4.4	a	3.1	a
Kamiri	1.6	a	0.3	b	12.7	b
Chucapaca	0.0	b	0.01	b	0.4	c

En Condoriri la variedad Surumi superó a las variedades Kamiri y Chucapaca que no presentaron diferencias; en la E. E. de Belén las tres variedades fueron diferentes, la variedad Kamiri fue superior, seguido por la variedad Surumi y Chucapaca. En los tres sitios se observa que la variedad Surumi presenta mayor porcentaje de granos de clase 1, al igual que la variedad Kamiri sorprendiendo el valor encontrado en Belén 12.7%, la variedad Chucapaca también en los tres sitios presenta los valores más bajos.

En condiciones de la E. E. de Choquenaira al clasificar por diámetro de grano, Alcón (2005) encontró para la variedad Surumi valores entre 4 a 21% en peso, indicando que esta variedad presenta granos grandes.

En el Cuadro 30 se presenta la prueba de medias, para observar el efecto del ambiente en las variedades Surumi y Kamiri, donde para la variedad Surumi Condoriri, la E. E. de Belén y la E. E. de Choquenaira no presentaron diferencias, pero si Sivingani que registró el valor más bajo 1.2% de granos de clase 1 por panoja.

Cuadro 30. Comparación de medias del NG de clase 1(%) por panoja, entre localidades para las variedades Surumi y Kamiri.

Sitio	Surumi		kamiri	
	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)
Belen	3.1	a	12.7	a
Choquenaira	3.1	a	1.6	b
Condoriri	4.4	a	0.3	b
Sivingani	1.2	b	0.2	b

Para la variedad Kamiri, el valor registrado en la E. E. de Belén fue superior al de los restantes sitios que registraron valores estadísticamente similares. Estos resultados indican que existe una influencia del ambiente en la formación de granos con diámetros mayores a 2.5 mm, al respecto Egli (1998) menciona que las variaciones en el tamaño de la semilla, pueden ser explicadas por cambios en la duración del periodo efectivo de

llenado de granos, por ejemplo deficiencias hídricas o nitrogenadas están asociadas a un acortamiento del periodo de llenado de granos.

5.4.8. Porcentaje del NG de clase 2 (diámetro de 2.5 mm a 2.0 mm) por panoja

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 20), donde el CV es 12.48%, existieron diferencias altamente significativas para el factor localidad, factor variedad e interacción localidad por variedad, los bloques no presentaron diferencias.

Las diferencias dentro del factor localidad se presentan en el Cuadro 31, donde la prueba de Duncan al 5% de probabilidad muestra que la E. E. de Belén, Sivingani y la E. E. de Choquenaira no presentaron diferencias, y fueron superiores al 44.7% registrado en Condoriri.

Cuadro 31. Comparación de medias del porcentaje de NG de clase 2 por panoja, entre sitios.

Sitio	Media (%)	Duncan (5%)
Belén	58.8	a
Sivingani	55.5	a
Choquenaira	53.4	a
Condoriri	44.7	b

En el Cuadro 32 se muestra la comparación de medias para el factor variedad. Donde según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, las tres variedades fueron estadísticamente diferentes para el porcentaje de NG de clase 2, la variedad Surumi destacó seguido por las variedades Kamiri y Chucapaca.

Cuadro 32. Comparación del porcentaje del NG de clase 2 por panoja, entre variedades.

Variedad	Media (%)	Duncan (5%)
Surumi	63.2	a
Kamiri	51.1	b
Chucapaca	45.0	c

Por otra parte el ANVA de efectos simples se presenta en anexos (Cuadro 20), donde se observa que las variedades presentaron diferencias altamente significativas en cada sitio, también se observa que para la variedad Kamiri las localidades presentaron diferencias altamente significativas. Para corroborar el análisis de varianza la Figura 39 muestra los datos.

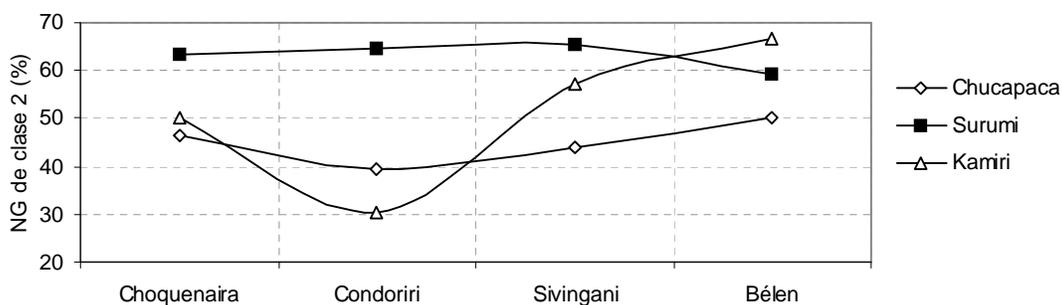


Figura 39. Interacción localidad por variedad del NG de clase 2 (%) por panoja.

La prueba de comparación de medias se presenta en el Cuadro 33, donde la prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra, que en la E. E. de Choquenaira la variedad Surumi (63.6%) fue superior a las variedades Kamiri y Chucapaca que fueron similares; en Condoriri ocurrió lo mismo, en Sivingani las variedades Surumi y Kamiri fueron similares y superiores a la variedad Chucapaca, en la E. E. de Belén existió diferencias entre las variedades Kamiri y Chucapaca, pero la variedad Surumi fue similar a ambas variedades.

Cuadro 33. Comparación de medias del NG de clase 2 (%) por panoja, entre variedades en los cuatro sitios.

Sitios	Choquenaira		Condoriri		Sivingani		Belén	
Variedades	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)
Surumi	63.6	a	64.5	a	65.5	a	59.4	a b
Kamiri	50.1	b	30.3	b	57.1	a	66.8	a
Chucapaca	46.5	b	39.4	b	43.8	b	50.4	b

En los cuatro sitios se ha observado en la variedad Surumi una presencia alta en porcentaje del NG de clase 2 es decir con un diámetro entre 2.5 a 2.0 mm, que varia entre 59.5% y 65.5%, con razón al medir el diámetro de esta variedad Gandarillas *et al.* (1996), reportaron 2.25 mm como diámetro promedio del grano.

En cambio para la variedad Kamiri los porcentajes varían mucho de 30.3% en Condoriri a 66.8% en la E. E. de Belén, quizás el valor bajo encontrado en Condoriri este relacionado con ataque de los pájaros como se vio en la curva de evolución, porque en la E. E. de Choquenaira (50.1%) y Sivingani (57.1%) presentan valores altos. En cambio para la variedad Chucapaca en los cuatro sitios presenta relativamente bajos porcentajes que varían entre 50.4 a 39.4 por ciento.

Existe un efecto ambiental para la variedad Kamiri, por ello en la tabla 34 se presenta la comparación de medias. Donde la prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra que, el valor registrado en la E. E. de Belén (66.8%) fue superior al de los registrados en la E. E. de Choquenaira y Condoriri, el valor registrado en Sivingani fue similar al de la E. E. de Belén y la E. E. de Choquenaira, asimismo el valor más bajo 30.3% se registró en Condoriri.

Cuadro 34. Comparación de medias del NG de clase 2 (%) por panoja, entre localidades para la variedad Kamiri.

Sitio	Media (%)	Tukey (5%)
Belén	66.8	a
Sivingani	57.1	a b
Choquenaira	50.1	b
Condoriri	30.3	c

5.4.9. Porcentaje del NG de clase 3 (diámetro de 2.0 mm a 1.4 mm) por panoja

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 21), donde el CV fue 14.38%, existieron diferencias altamente significativas para todos los factores de estudio e interacción, sin embargo para los bloques no existieron diferencias.

Las diferencias dentro del factor localidad se presentan en el Cuadro 35, donde la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, muestra que el porcentaje de NG de clase 3, registrado en Condoriri fue superior a los valores registrados en los otros sitios, seguido por la E. E. de Choquenaira y Sivingani que no presentaron diferencias, luego la E. E. de Belén que registró el valor más bajo (33.9%).

Cuadro 35. Comparación de medias del NG de clase 3 (%), entre localidades.

Sitio	Media (%)	Duncan (5%)
Condoriri	52.1	a
Choquenaira	43.1	b
Sivingani	42.9	b
Belén	33.9	c

En el Cuadro 36 se muestra la comparación de medias para el factor variedad, donde la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, muestra que las tres variedades fueron

diferentes, la variedad Chucapaca fue superior, seguido por las variedades Kamiri y Surumi.

Cuadro 36. Comparación del NG de clase 3 (%) por panoja, entre variedades.

Variedad	Media (%)	Duncan (5%)
Chucapaca	52.8	a
Kamiri	43.6	b
Surumi	32.6	c

Por otro lado el ANVA para efectos simples de esta variable se presenta en los anexos (Cuadro 21), en el mismo se observa que en los cuatro sitios las variedades presentaron diferencias altamente significativas, el efecto de las localidades fue significativo para la variedad Chucapaca y altamente significativo para la variedad Kamiri mas para la variedad Surumi no se presentaron diferencias. Esto se puede corroborar en la Figura 40.

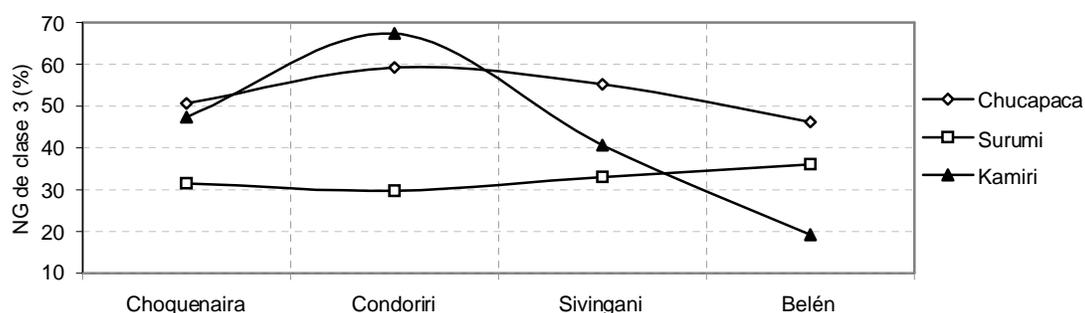


Figura 40. Interacción localidad por variedad del NG de clase 3 (%) por panoja.

En el Cuadro 37, se presenta la prueba de comparación de medias del porcentaje de NG de clase 3, de las variedades en los cuatro sitios, donde la prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra, que en la E. E. de Choquenaira las variedades Chucapaca y Kamiri fueron superiores a la variedad Surumi; en Condoriri también las variedades Chucapaca y Kamiri fueron superiores a la variedad Surumi.

Cuadro 37. Comparación de medias del NG de clase 3 (%) por panoja, entre variedades para los cuatro sitios.

Variedad	Choquenaira		Condoriri		Sivingani		Belén	
	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)
Chucapaca	50.6	a	59.2	a	55.2	a	46.2	a
Kamiri	47.3	a	67.4	a	40.7	b	19.3	b
Surumi	31.5	b	29.7	b	33.0	b	36.1	a

En Sivingani la variedad Chucapaca fue superior a las variedades Kamiri y Surumi que no presentaron diferencias, en la E. E. de Belén las variedades Chucapaca y Surumi fueron superiores a la variedad Kamiri.

En los cuatro sitios la variedad Chucapaca presentó altos porcentajes de granos de clase 3, o sea con un diámetro entre 1.4 a 2.0 mm, los cuales variaron de 46.2% en la E. E. de Belén a 59.2% en Condoriri, Gandarillas *et al.* (1996) registraron para la variedad Chucapaca un diámetro medio de 2.0 mm indicando además que presentan granos de tamaño mediano, corroborando así el resultado encontrado. De acuerdo a la clasificación realizada por el IBNORCA (2002) también presenta granos medianos, donde los granos medianos son aquellos con diámetros entre 1.35 -1.75 mm.

En cambio para la variedad Surumi los porcentajes encontrados fueron bajos entre 29.7% y 36.1%, sin embargo para la variedad Kamiri existe mucha variabilidad, con 19.3% en la E. E. de Belén y 67.4% en Condoriri. Al respecto Mujica *et al.* (2001) también encontraron para la variedad Kamiri grandes cambios en el diámetro de grano al cambiar de ambientes en varios sitios del Perú, con valores que oscilaron entre 1.77mm en Lampa a 2.3 mm en Puno y en Cusco.

5.4.10. Porcentaje del NG de clase 4 (diámetro de 1.4mm a 1.0mm) por panoja

El ANVA para esta variable se presenta en anexos (Cuadro 22), donde el CV fue 48.83%, para localidades no existieron diferencias, pero existieron diferencias significativas para variedades y altamente significativas para la interacción localidad por variedad y bloques.

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad para el porcentaje de NG de clase 4, muestra que la variedad Chucapaca con 2.1% fue superior a las variedades Surumi, pero la variedad Kamiri fue similar a las dos variedades (Cuadro 38).

Cuadro 38. Comparación del NG de clase 4 (%) por panoja, entre variedades.

Variedad	Media (%)	Duncan (5%)
Chucapaca	2.1	a
Kamiri	1.6	a b
Surumi	1.2	b

Por otro lado el ANVA para efectos simples de la interacción localidad por variedad, se presenta en anexos (Cuadro 22), donde se observa que existieron diferencias entre variedades en las E. E. de Choquenaira, Belén y Sivingani, el efecto de las localidades fue altamente significativo para la variedad Chucapaca, mas no para las variedades Surumi y Kamiri, esto se puede confirmar en la Figura 41.

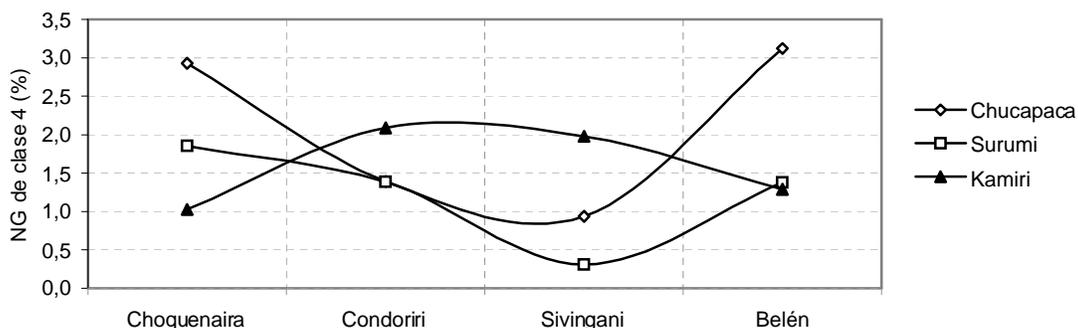


Figura 41. Interacción localidad por variedad del NG de clase 4 (%) por panoja.

La prueba de comparación de medias del porcentaje de NG de clase 4, de las variedades en E. E. de Choquenaira, Sivingani y la E. E. de Belén se presenta en el Cuadro 39. Donde la prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra que, en la E. E. de Choquenaira la variedad Chucapaca registró el mayor valor 2.9% frente a las variedades Surumi y Kamiri que además fueron similares.

Cuadro 39. Comparación de medias del NG de clase 4 (%) por panoja, entre variedades en la E. E. de Choquenaira, Sivingani y la E. E. de Belén.

Sitios	Choquenaira		Sivingani		Belén	
	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)	Media (%)	Tukey (5%)
Chucapaca	2.9	a	0.9	a	3.1	a
Surumi	1.9	b	0.3	b	1.4	b
Kamiri	1.0	b	2.0	a	1.3	b

En Sivingani las variedades Chucapaca y Kamiri fueron diferentes a la variedad Surumi que registró 0.3%; en la E. E. de Belén la variedad Chucapaca con 3.1% fue superior a las variedades Surumi y Kamiri.

En porcentaje el NG de clase 4 ocupa bajos valores en la panoja, para las variedades y sitios que variaron entre 0.2% a 3.2%, se observó también que la variedad Chucapaca tiene más granos de clase 4, seguido por la variedad Surumi y Kamiri en condiciones de las E. E. de Belén y de Choquenaira, pero en Sivingani la variedad Kamiri presenta mayor porcentaje 2.0%, seguido por las variedades Chucapaca y Surumi. En

condiciones de la E. E. de Choquenaira Alcón (2005) reportó que para la variedad Surumi los granos de clase 4 es decir granos con diámetro de 1.0 a 1.4 mm ocuparon valores por debajo de 10% en peso.

Por otro parte las diferencias entre localidades para la variedad Chucapaca se presentan en el Cuadro 40. Donde la prueba de Tukey al 5% de probabilidad muestra que, el valor registrado en la E. E. de Belén 3.1% fue superior al de Condoriri y Sivingani que además fueron similares, pero el valor registrado en la E. E. de Choquenaira 2.9% fue similar al de la E. E. de Belén y Condoriri, pero diferente al de Sivingani.

Cuadro 40. Comparación de medias del NG de clase 4 (%) por panoja, entre localidades para la variedad Chucapaca.

Sitio	Media (%)	Tukey (5%)
Belén	3.1	a
Choquenaira	2.9	a b
Condoriri	1.4	b c
Sivingani	0.9	c

En resumen, las diferencias en el tamaño de grano por panoja, expresadas en porcentaje de las cuatro clases de diámetro de grano que se evaluaron, para las variedades se presenta en la Figura 42.

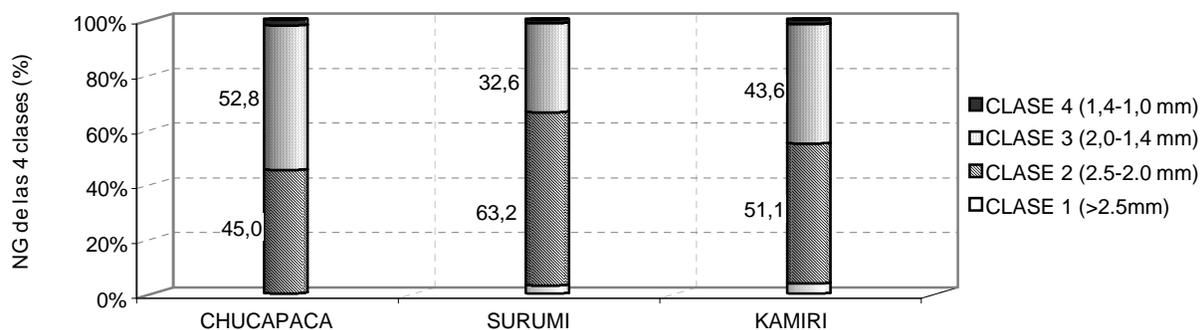


Figura 42. Tamaño de grano expresado en cuatro clases (porcentaje por panoja), entre variedades.

Existen diferencias en el tamaño de grano por panoja entre las tres variedades, pues la variedad Surumi presenta mayor porcentaje de granos de clase 2 (63%), en cambio los granos de clase 3 ocupan un 45.0%; para la variedad Kamiri los granos de clase 2 ocupan un 51.1% frente a un 43.6% de granos de clase 3; en la variedad Chucapaca los

granos de clase 3 ocupan un mayor porcentaje (52.8%) frente a un 45.0% de granos de clase 2.

Es decir que la variedad Surumi junto a la variedad Kamiri presentan más granos de tamaño grande, y la variedad Chucapaca mayor porcentaje de granos medianos. Estas referencias son muy importante porque para la exportación se requiere granos con diámetros mayores a 2.0 mm. Para Espíndola (1980) citado, por López (2000), granos grandes son aquellos que tienen diámetros mayores a 2.10 mm y como podemos ver la variedad Surumi y Kamiri presentan estas características, en cambio la variedad Chucapaca presenta mayor porcentaje de granos de clase 3.

Por otra parte las diferencias para el tamaño de grano, para localidades se presenta en la Figura 43, donde se observa que en la E. E. de Belén se reportaron los valores más altos, para los granos de la clase 1 (5.4%) y 2 (58.9%), en cambio los valores más bajos para los granos de clase 3 (33.9%). En Sivingani y la E. E. de Choquenaira también se encontró que en la panoja, los granos de clase 2 ocupan el mayor porcentaje con 55.5% y 53.4%, seguidos por los granos de clase 3 con 43.0% y 43.1%, pero en Condoriri ocurrió lo contrario ya que en la panoja se encuentran más granos de clase 3 (52.1%) y luego de clase 2 (44.7%).

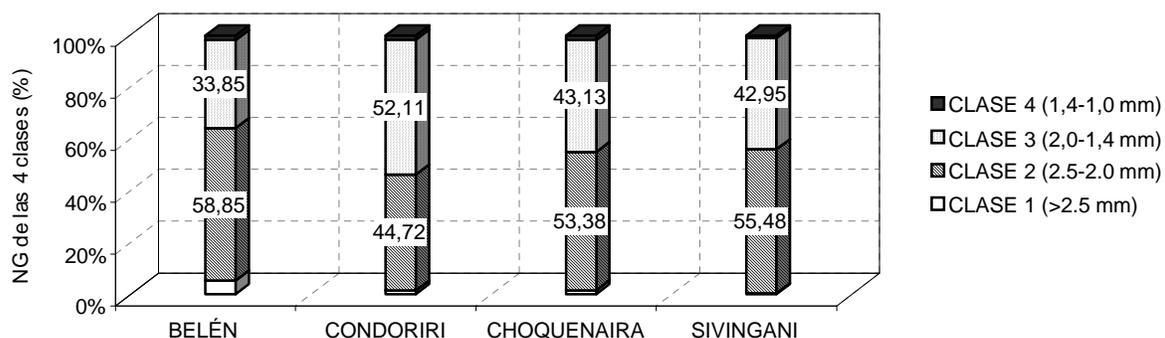


Figura 43. Tamaño de grano expresado en cuatro clases (porcentaje por panoja), entre localidades.

En resumen las condiciones de la E. E. de Belén fueron las más beneficiosas para obtener granos grandes, seguido por Sivingani, la E. E. de Choquenaira y Condoriri. De acuerdo a Gandarillas *et al.* (1997) las variedades Surumi y Kamiri tiene un diámetro promedio de 2.25 mm (grande) y 2.2 mm (grande) debido a la presencia de mayor NG de clase 1 y 2, en cambio la variedad Chucapaca 2.0 mm (mediano) debido a la mayor NG de clase 3 .

5.4.11. Porcentaje de germinación y crecimiento radicular

Para comparar el efecto de las temperaturas en la germinación de las variedades, se realizó la prueba de germinación a 20 °C y 25 °C, y se midió la longitud radicular en cm después de 48 horas. Se realizó el ANVA el cual muestra que los CV para el porcentaje de germinación fueron 0.36% y 0.37% para 20 y 25 °C respectivamente, para el crecimiento radicular fueron 4.94% y 5.28% para 20 °C y 25 °C respectivamente, los mismos están dentro del rango permitido (Cuadro 23 de anexos).

El ANVA, no muestra diferencias para los factores de estudio tanto para la variable porcentaje de germinación y crecimiento radicular a 20° y 25 °C. Para fines de comparación, Chipana (1992) también no encontró diferencias entre el porcentaje de germinación y vigor del crecimiento de plántulas entre variedades hallando valores promedios de 96.2% y 4.34 cm respectivamente a 20 °C.

La Figura 44 muestra la evolución del porcentaje de germinación cada 12 horas, en la cual se puede ver como esta incrementa a 99.7% para 20 °C y a 99.8% para una temperatura de 25 °C, no existiendo diferencias a partir de las 24 horas, hasta las 48 horas.

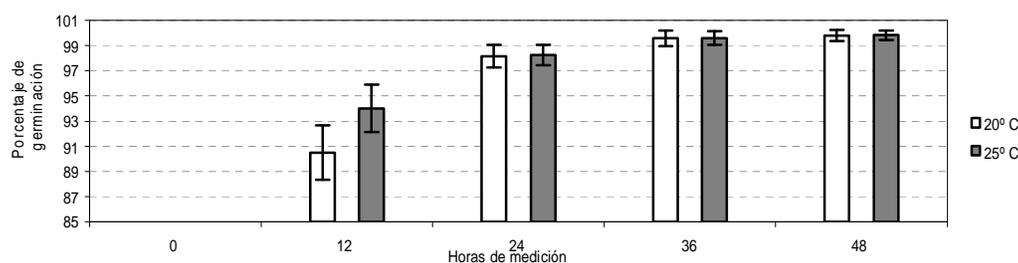


Figura 44. Evolución del porcentaje de germinación cada 12 horas a 20 °C y 25 °C, ($m \pm SE$).

La temperatura influyó en la germinación a las 12 horas pues a 25 °C fue mayor en 3.5% en relación al obtenido a 20 °C, Gonzáles (1999) determinó que la germinación disminuyó de 80.0% a 22.4% cuando la temperatura cambio de 22 °C a 4 °C.

La Figura 45 presenta la evolución del crecimiento radicular, donde para 20 °C la longitud radicular incrementa a 4.3 cm y para 25 °C a 6.3 cm a las 48 horas. Lo cual significa que la temperatura influye en la velocidad de crecimiento de las raíces, existiendo una relación directamente proporcional. Al respecto Ledesma (2000) indica

que es un hecho perfectamente conocido, la influencia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por otro lado Torres (1984) citado por Bosque (1994), indica que los procesos fisiológicos que se efectúan en la planta, tales como la respiración y el crecimiento responden con frecuencia en forma directa a la temperatura.

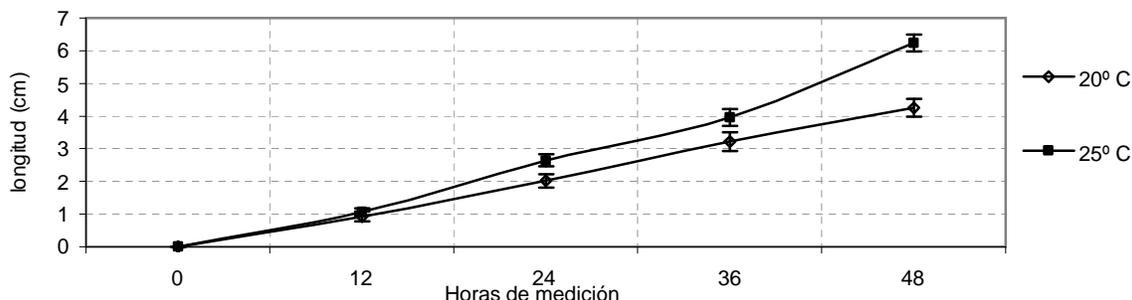


Figura 45. Crecimiento radicular cada 12 horas a 20 °C y 25 °C ($m \pm SE$).

5.5. Efecto de la precipitación y temperatura, entre la fase de grano lechoso hasta la cosecha, en los cuatro sitios

Para ver la influencia de la lluvia y la temperatura en el desarrollo de los granos, se determinó el promedio de la temperatura máxima, mínima, media y la precipitación cada 5 días a partir de la fase de grano lechoso (FGL) hasta la cosecha, para la E. E. de Choquenaira y Condoriri se midió a partir del 5 de marzo hasta el 28 y 23 de abril del 2004, en la E. E. de Belén desde el 10 de marzo hasta el 13 de mayo del 2004, con excepción de la lluvia para Sivingani que fue mensual y se midió a partir del 20 de enero hasta el 14 de abril del 2004 (Figuras 46, 47, 48, 49, y 50)

5.5.1. Precipitación

La Figura 46 muestra la precipitación en los tres sitios desde la FGL hasta la cosecha.

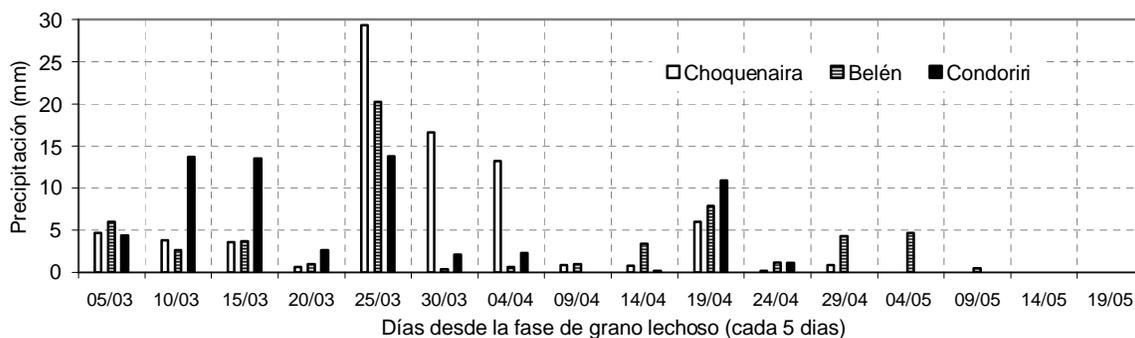


Figura 46. Comportamiento de la precipitación desde la FGL hasta la cosecha.

En la Figura 46 se observa que la precipitación cada cinco días, fue mayor en Condoriri desde el 5 hasta el 20 de marzo hasta total, luego desde el 25 de marzo hasta el 4 de abril fue mayor en Choquenaira, en general en los tres sitios no existió deficiencias de agua para el cultivo. Por otro parte en la Figura 47 se presenta la precipitación en Sivingani.

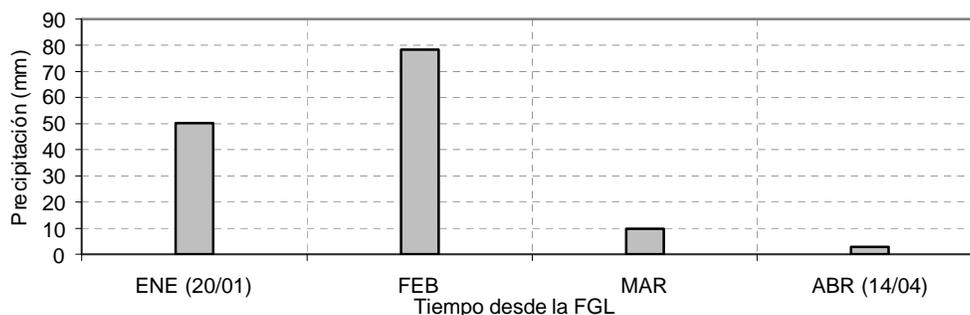


Figura 47. Comportamiento de la precipitación desde la FGL hasta la cosecha, Sivingani.

En Sivingani se observa que la precipitación fue mayor el mes de febrero llegando a los 80 mm, disminuyendo en el mes de marzo y abril, en el periodo crítico que es la fase de grano lechoso no existió déficit de agua, lo cual fue favorable.

Al comparar, la precipitación del periodo entre la FGL hasta la cosecha entre los cuatro sitios, se observó que fue mayor en Sivingani seguido por la E. E. de Choquenaira, Condoriri y la E. E. de Belén con valores de 140.8 mm, 75.9 mm, 64.6 mm y 48.9 mm respectivamente.

5.5.2. Temperatura máxima, mínima y media

En la Figura 48, 49 y 50 se presentan el comportamiento de las temperaturas en promedio para cada 5 días, desde la FGL hasta la cosecha.

En los cuatro sitios de estudio se observa que, en promedio las temperaturas medias de cinco días, fueron mayores en Sivingani superando siempre los 10 °C, seguido por Condoriri con temperaturas por encima de los 8 °C, la E. E. de Choquenaira con temperaturas mayores a los 7 °C y la E. E. de Belén con las más bajas entre 10.4 y 3.7 °C (Figura 48).

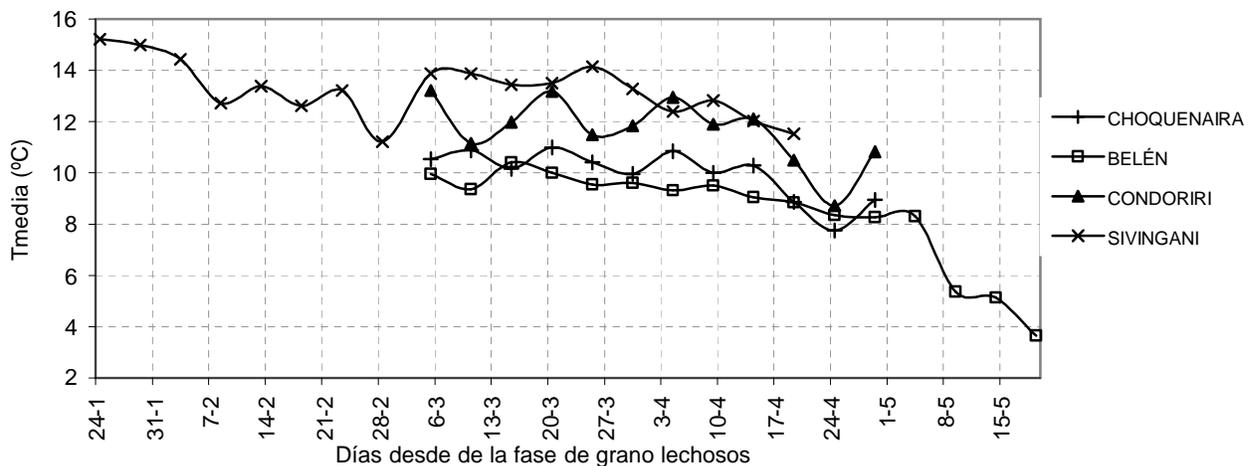


Figura 48. Comportamiento de la temperatura media desde la fase de grano lechoso (FGL) hasta la cosecha, en los cuatros sitios.

La Figura 49, muestra que Sivingani registró las mayores temperaturas máximas por encima de los 19.7 °C, seguido por Condoriri con temperaturas máximas superiores a los 19° C e inferiores a 24.3 °C, la E. E. de Choquenaira registró temperaturas entre 19.8 a 15.6 °C y la E. E. de Belén las más bajas entre 18.0 °C a 15.1 °C.

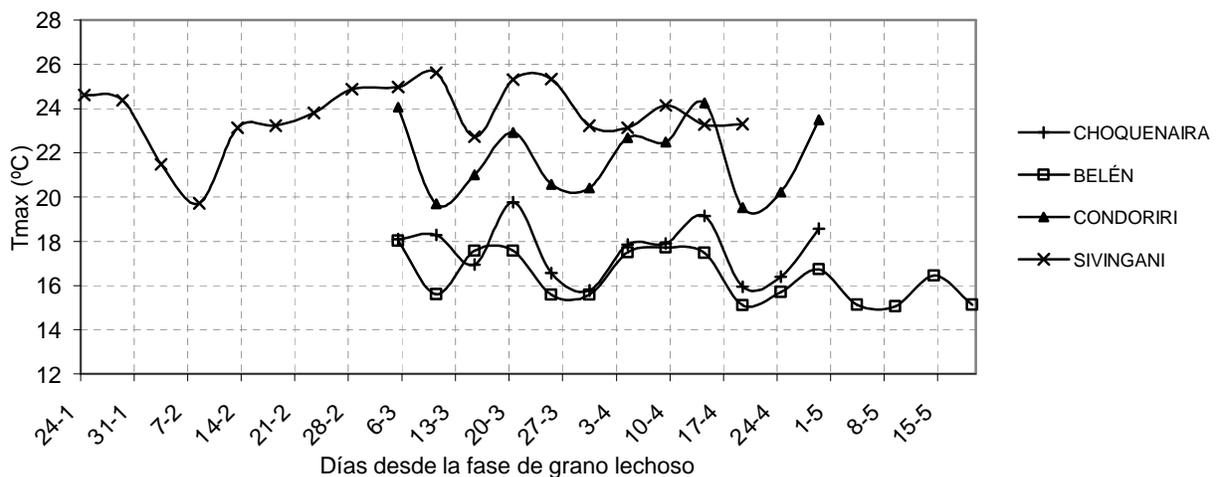


Figura 49. Comportamiento de la temperatura máxima desde la fase de grano lechoso hasta la cosecha, en los cuatros sitios.

La Figura 50, muestra que la E. E. de Belén reportó las menores temperaturas mínimas que fluctuaron entre 3.6 °C a -6.2 °C, seguido por Condoriri con temperaturas entre 3.3 °C a -2.8 °C, la E. E. de Choquenaira con temperaturas entre 4.9 °C a -0.9 °C y las menos frías se registraron en Sivingani las cuales fluctuaron entre 7.4 °C a -0.3 °C.

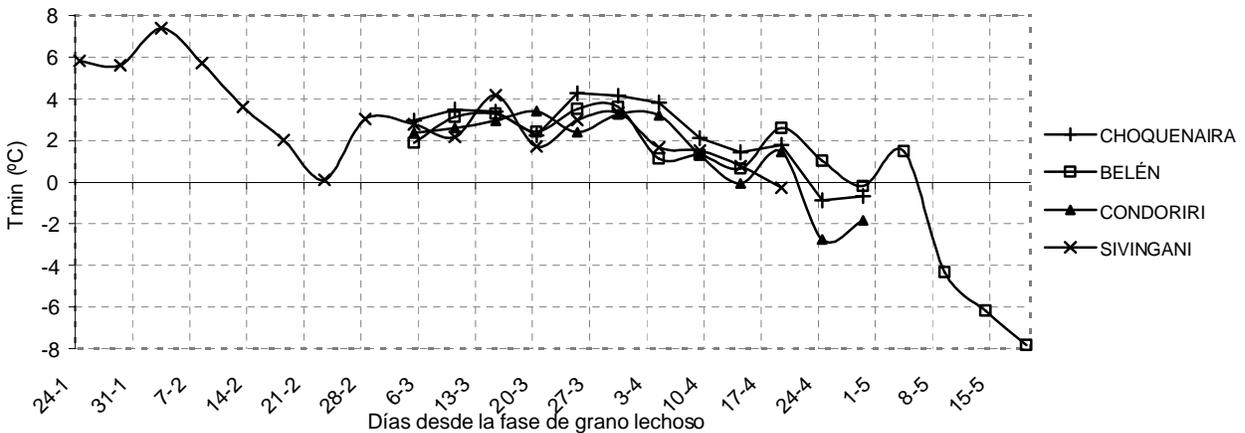


Figura 50. Comportamiento de la temperatura mínima desde la fase de grano lechoso hasta la cosecha, en los cuatros sitios.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, condiciones de temperatura bajas se registraron en la E. E. de Belén, debido a que la siembra se realizó la segunda semana de noviembre lo que permitió que la fase de grano coincida con abril y mayo, meses en los cuales se registraron bajas temperaturas, la E. E. de Choquenaira y Condoriri soportaron bajas temperaturas para la fase de llenado de granos en las últimas semanas de abril, en Sivingani las temperaturas fueron favorables, la fase de llenado de grano se presentó entre fines de enero al 14 de abril, debido a que la siembra fue en el mes de septiembre.

La E. E. de Belén presentó condiciones de temperatura desfavorables, pero en esta localidad se registraron mayor peso de grano, mayor NG, mayor NG de clase 1 (diámetro >2.5 mm), clase 2 (diámetro 2.5 -2.0), clase 3 (diámetro 2.0 -1.4mm), clase 4(1.4 -1.0 mm), seguido por Sivingani, la E. E. de Choquenaira y Condoriri que presentaron mejores condiciones de temperatura.

Para la lluvia ocurrió casi lo mismo, pues la E. E. de Belén con 48.9, Condoriri con 64.6 mm, E. E. de Choquenaira con 75.9 mm y Sivingani con 140.8 mm durante el periodo de llenado de granos y con 326.6 mm, 384.7 mm, 495.0 y 217.9 mm de precipitación durante todo el ciclo respectivamente. Fue en la E. E. de Belén que se presentaron las mejores resultados en la mayoría de las variables respuesta estudiadas, seguidos por Sivingani, la E. E. de Choquenaira y Condoriri; situación que al parecer de debió a las características de la quinua, como mencionan Mújica y Jacobsen (1999) que definen, a la quinua como una planta resistente a la sequía y que gracias a esta característica se

obtuvieron excelentes rendimientos, tal es el rendimiento de 1500 kg/Ha, con solo 190 mm de lluvia durante un ciclo en el Altiplano Sur de Bolivia.

5.6. Duración del llenado de granos desde la FGL hasta la MF y la relación con la precipitación y temperatura, en los cuatro sitios

La Figura 51 muestra la duración del llenado de los granos en días y la relación con la precipitación, temperatura máxima, mínima y media para los cuatro sitios.

Sivingani, la E. E. de Belén, Condoriri y la E. E. de Choquenaira presentaron al rededor de 83, 58, 47 y 44 días de llenado de granos desde la FGL (fase de grano lechoso) hasta la MF (Madurez fisiológica), presentando durante este periodo precipitaciones de: 140.8 mm, 48.9 mm, 64.6 mm y 75.9 mm respectivamente.

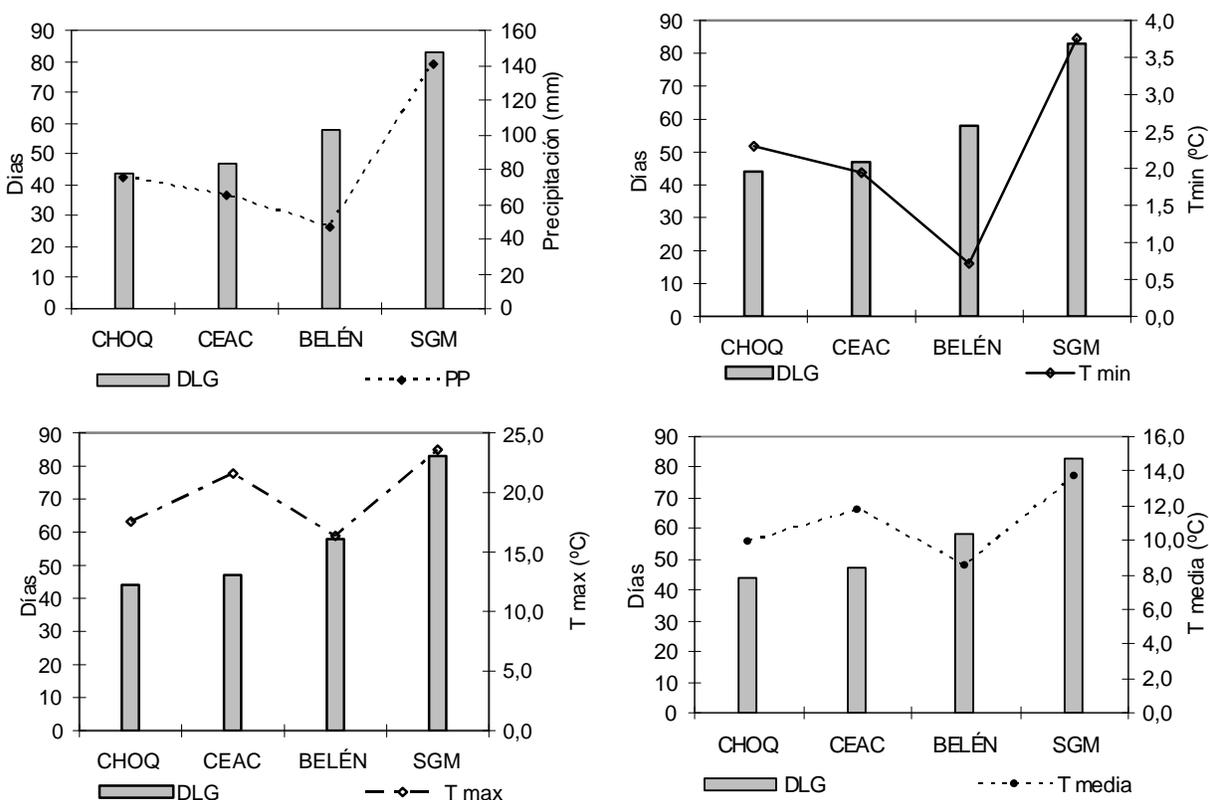
En relación a las temperaturas promedio del llenado de granos, Sivingani registró las siguientes temperaturas la máxima 23.6 °C, la mínima 3.8 °C y la media 13.7 °C, la E. E. de Belén una máxima de 16.3 °C, una mínima de 0.7 °C, con una media de 8.5 °C; Condoriri registro 21.6 °C como máxima, 1.9 °C como mínima y una media de 11.8 °C, finalmente la E. E. de Choquenaira registró una temperatura máxima, mínima y media de 17.6 °C, 2.3 °C y 9.9 °C respectivamente.

En la Figura 51 se observa que cuando las temperaturas disminuyeron el periodo de llenado de granos incrementó, es el caso de la E. E. de Belén que registró alrededor de 58 días, con una temperatura mínima de 0.7 °C, en cambio la E. E. de Choquenaira y Condoriri con mayores temperaturas 2.3 °C y 1.9 °C presentaron un periodo de llenado más corto alrededor de 44 y 47 días.

Al respecto Wood *et al.* (1978), indican que el tiempo para alcanzar la madurez disminuye al aumentar la temperatura, observándose que las plantas de remolacha azucarera bajo temperaturas de 12 °C (diurna)/5 °C (nocturnas), maduraron en alrededor de 34 días más que con temperaturas de 20 °C (diurnas)/12 °C (nocturnas) desde del pico de la antesis; Gustafsoon y Wettstein (1969) citados por Wood *et al.* (1978), observaron que el periodo de maduración para la cebada aumentaba de 47 a 56 días cuando la temperatura disminuía de 20 °C a 15 °C. Por otro lado Spiertz (1977)

observó un aumento en el crecimiento diario del grano de trigo de 0.86 a 1.64 mg cuando se pasaba de 10 °C a 25 °C, respectivamente.

Pero algo que no coincide con el anterior análisis es el caso de Sivingani, que con temperaturas más altas que los otros sitios por ejemplo una temperatura media de 13.7 °C, presentó el periodo de llenado de granos más alto 83 días. Situación que tal vez se atribuya a la precipitación registrada que fue mucho mayor al de los otros sitios 140.8 mm (Figura 47b).



DLG: días del llenado de granos desde la fase de grano lechoso hasta la madurez fisiológica.
SGM: Sivingani. CHOQ: E. E. de Choquenaira, CEAC: Condoriri.

Figura 51. Comportamiento de la precipitación y temperaturas durante el llenado de granos desde la FGL hasta la MF.

En estudios realizados en quinua por Huiza (1994), se encontró que las plantas de quinua con riego adecuado, presentaron una duración de la FGL y fase de grano pastoso (FGP) de 46 días, en cambio en aquellas plantas que se suprimió el riego en FGL y FGP la duración entre la FGL y FGP se redujo a 36 y 37 días respectivamente, lo cual significa que el riego prolongó la duración de estas fases fenológicas, al parecer lo mismo ocurrió en Sivingani pero con el caso de la lluvia.

Por otro lado durante una gestión agrícola para el trigo, donde la temperatura fue 14.6 °C con 170 mm de precipitación, en plantas con riego la duración del llenado de granos fue 46 días, en cambio en aquellas sin riego fue menor 36 días (Talbert *et al.*, 2000), mostrando que el agua prolonga la fase de llenado de granos.

5.7. Correlación y regresión de la precipitación y temperaturas con el porcentaje de número de granos (NG) de la clase 2 (2.5 – 2.0 mm) desde la siembra, en los cuatro sitios

Con el análisis de correlación y regresión, se cuantificó la relación de la precipitación y temperaturas con el porcentaje de NG de clase 2 (diámetro de 2.5 a 2.0 mm), que se encuentra en mayor porcentaje en la panoja, y que actualmente para exportación se requiere que tengan diámetros mayores a 2.0 mm.

Para cuantificar esta correlación se realizó la sumatoria de la precipitación y se obtuvieron los promedios de las temperaturas máxima, mínima y media para cada fecha evaluada a partir de la siembra, y se relacionó estos datos con el promedio de 10 variedades para la E. E. de Choquenaira y de 3 variedades en la E. E. de Belén, Condoriri y Sivingani.

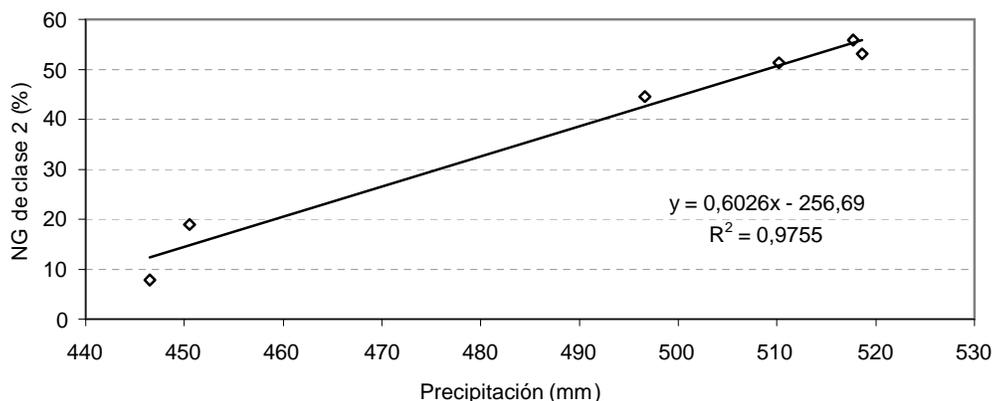


Figura 52. Correlación y regresión de la precipitación versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Choquenaira.

La Figura 52, muestra que existió una correlación muy alta ($r = 0.99$) de la precipitación versus el porcentaje de NG de clase 2, siendo directamente proporcional al porcentaje del NG de clase 2, Al respecto Little y Jackson (1991) indican que un coeficiente de correlación igual a ± 0.8 es alto.

La temperatura mínima versus el porcentaje de NG de clase 2 presentaron una correlación de -0.63 , lo cual significa que a medida que el porcentaje de NG de clase 2 incrementó la temperatura mínima disminuyó como se observa en la Figura 53.

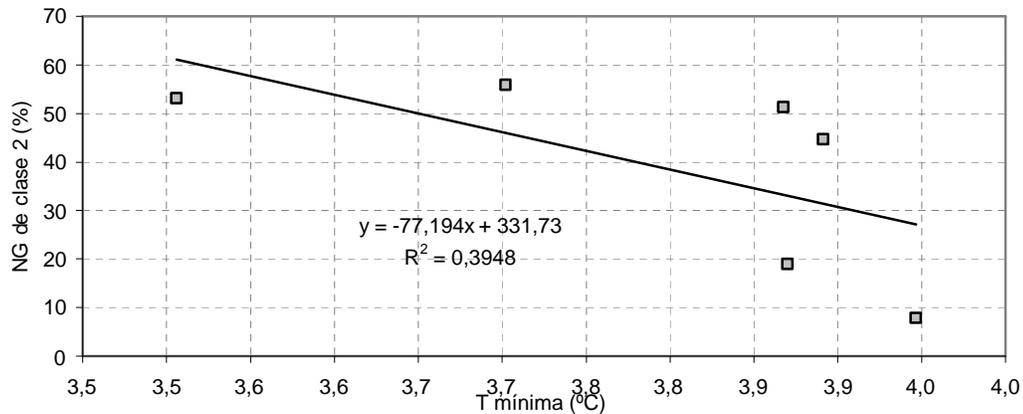


Figura 53. Correlación y regresión de la temperatura mínima (°C) versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Choquenaira.

La Figura 54 muestra la relación de la temperatura máxima versus el porcentaje de NG de clase 2, los cuales presentaron una correlación de -0.61 , lo cual significa que a medida que el porcentaje de NG de clase 2 incrementó la temperatura máxima disminuyó.

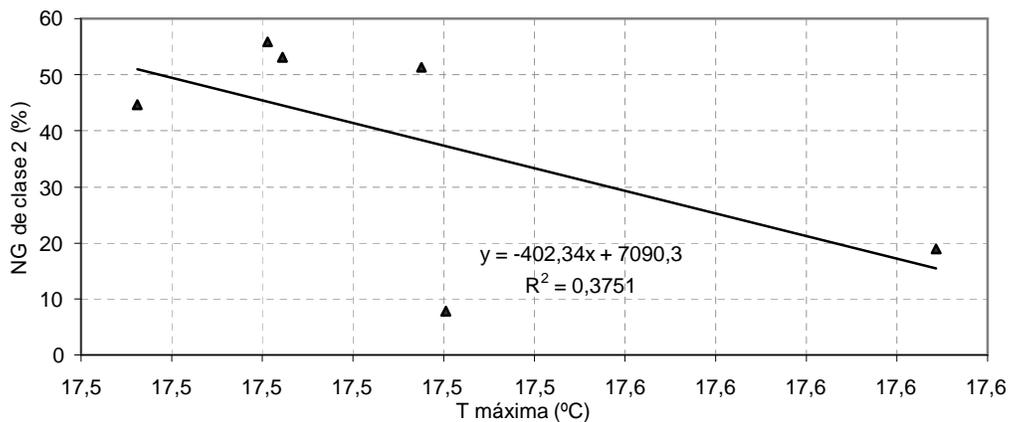


Figura 54. Correlación y regresión de la temperatura máxima (°C) versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Choquenaira.

A medida que la temperatura media disminuyó el porcentaje del NG de clase 2 mostró un incremento, con un coeficiente de correlación de -0.70 , como se puede apreciar en la Figura 55.

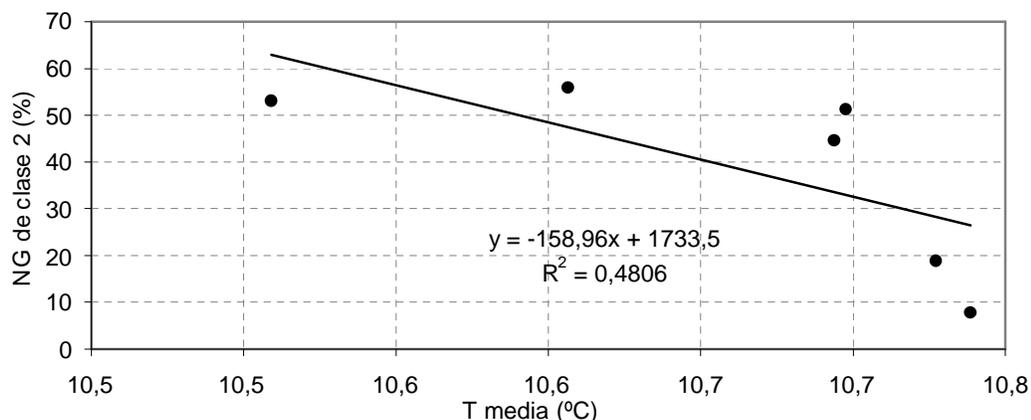


Figura 55. Correlación y regresión de la temperatura media (°C) versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Choquenaira.

El Cuadro 41 presenta la relación de la precipitación con el porcentaje de NG de clase 2 en la E. E. de Belén, donde existe una correlación lineal muy importante de la precipitación con el porcentaje de NG de clase 2, mostrando que existe una proporcionalidad, con un coeficiente de correlación de 0.97.

Cuadro 41. Correlación y regresión de la precipitación y temperaturas versus el porcentaje del NG de clase 2, E. E. de Belén.

	Precipitación (mm)	T min. (°C)	T max. (°C)	T media (°C)
NG de clase 2 (%)	Y = 1.28X - 377.6 R ² = 0.95 r = 0.97	Y = -46.7X + 185.9 R ² = 0.73 r = -0.86	Y = 320.7X - 5142.1 R ² = 0.38 r = 0.62	Y = -91.7X + 922.8 R ² = 0.67 r = -0.82

La temperatura mínima y media disminuyeron en la E. E. de Belén en cambio el porcentaje del NG de clase 2 incremento, mostrando una relación inversa con coeficientes de -0.86, y -0.82. La temperatura máxima incremento reportando por ello un coeficiente de correlación de 0.62.

El Cuadro 42 presenta la relación de la precipitación con el porcentaje de NG de clase 2 en Condoriri, donde existe una relación directamente proporcional, con un coeficiente de correlación de 0.74. La temperatura mínima versus el porcentaje del NG de clase 2 presentó un coeficiente de -0.74, que implica una disminución de la temperatura mínima pero un incremento del porcentaje del NG de la clase 2. Las temperaturas máxima y media incrementaron, también el porcentaje del NG de clase 2, por ello se tienen coeficientes positivos de 0.86 y 0.62, respectivamente.

Cuadro 42. Correlación y regresión de la precipitación y temperaturas versus el porcentaje del NG de clase 2, Ceac - Condoriri.

	Precipitación (mm)	T min. (°C)	T max. (°C)	T media (°C)
NG de clase 2 (%)	$Y = 1.1X + 328.9$ $R^2 = 0.55$ $r = 0.74$	$Y = -0.01X + 3.7$ $R^2 = 0.55$ $r = -0.74$	$Y = 0.02X + 19.2$ $R^2 = 0.75$ $r = 0.86$	$Y = 3.6E-3X + 11.4$ $R^2 = 0.38$ $r = 0.62$

El Cuadro 43 presenta la relación de la precipitación con el porcentaje del NG de clase 2 en Sivingani, donde a mayor precipitación existe mayor porcentaje del NG de clase 2 con un coeficiente de 0.84.

Cuadro 43. Correlación y regresión de la precipitación y temperaturas versus el porcentaje del NG de clase 2, Sivingani.

	Precipitación (mm)	T min. (°C)	Tmax. (°C)	T media (°C)
NG de clase 2 (%)	$Y = 3.5X - 720.8$ $R^2 = 0.70$ $r = 0.84$	$Y = -43.7X + 186.7$ $R^2 = 0.94$ $r = -0.97$	$Y = -163.8X + 3992.9$ $R^2 = 0.98$ $r = -0.99$	$Y = -69.1X + 989.9$ $R^2 = 0.95$ $r = -0.98$

En relación con la temperatura mínima, máxima y media, estas disminuyeron, en cambio el porcentaje del NG de clase 2 aumentó, es decir que fueron inversamente proporcionales como se observa en los coeficientes de correlación que fueron -0.97, -0.99 y -0.98 respectivamente.

Se realizó también correlaciones y regresiones para las otras clases versus la precipitación y las temperaturas y se encuentran en anexos (Cuadro 24).

5.8. Análisis estadístico para la evaluación en la E. E. de Choquenaira

En base al modelo estadístico planteado se analizaron las siguientes variables de respuesta: porcentaje de MS de los glomérulos, peso seco de grano a 65 °C, peso específico de los granos, número de granos (NG), porcentaje del NG de diámetro de clase 1, 2, 3 y 4.

5.8.1. Porcentaje de materia seca de los glomérulos (%MS)

Los ANVA, se muestran en anexos (Cuadro 25), donde los CV 11.32, 14.80 y 2.38% para 126, 155 y 176 DDS, se encuentran por debajo de 30 %; para el factor variedad

no existen diferencias significativas a los 126 DDS, pero a partir de los 155 DDS hasta los 176 DDS existieron diferencias altamente significativas.

Para el factor partes de la panoja existen diferencias significativas a los 126 y 176 DDS y diferencias altamente significativas a los 155 DDS, la interacción variedad por partes de la panoja no muestra diferencias significativas.

5.8.1.1. Porcentaje de materia seca de los glomérulos en 10 variedades

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 44, en el que podemos ver las diferencias entre variedades a partir de 155 hasta los 176 DDS.

Cuadro 44. Prueba de Duncan para el porcentaje de MS de los glomérulos en diez variedades, dos fechas.

Variedad	155 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
V ₀₁ Chucapaca	44.3	d	88.9	a b
V ₀₂ Surumi	39.0	d e	85.8	c
V ₀₃ Kamiri	37.7	e	88.0	b
V ₀₄ Huganda	44.5	d	87.7	b
V ₀₅ Jiwaki	43.6	d e	88.6	b
V ₀₆ Agro 2000	41.4	d e	87.6	b
V ₀₇ T. Naranja	66.3	a	90.6	a
V ₀₈ Real blanca	59.8	b	88.8	a b
V ₀₉ T. Rojo	50.3	c	89.2	a b
V ₁₀ K'ellu	43.9	d e	89.4	a b

El Cuadro 44 muestra que a los 155 DDS, se puede ver 6 grupos de los cuales la variedad Toledo naranja con 66.3% es diferente y superior a resto de las variedades, a los 176 DDS se formaron 4 grupos donde la variedad Surumi con 85.8% registró el valor más bajo y diferente al resto de las variedades, el valor más alto fue registrado por la variedad Toledo naranja con 90.6 por ciento.

El porcentaje de MS de los glomérulos nos muestra, que porción ocupa la MS en relación al peso total de los glomérulos, además es un indicador muy utilizado para ver la madurez de los granos encontrándose, que para los granos de quinua Chipana (1992) reportó del 70% a 60% de MS, por otra parte Berti *et al.* (1997) reportaron para el máximo rendimiento de los granos de quinua a los 150 DDS un valor de 70.1% de MS de la panoja principal.

Es decir que las variedades Toledo naranja y Real blanca alcanzaron la madurez fisiológica entre los 155 y 169 DDS, mostrando que para las variedades del sur las condiciones ambientales de la gestión agrícola de la E. E. de Choquenaira, acortaron su ciclo pues en el Altiplano Sur de Bolivia, su ciclo es de 180 días (Aroni *et al.*, 2003).

5.8.1.2. Porcentaje de materia seca de los glomérulos en las tres partes de la panoja

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad, se muestra en el Cuadro 45, en el que podemos ver las diferencias entre las partes de la panoja a partir de los 126 DDS hasta los 176 días después de la siembra.

Cuadro 45. Prueba de Duncan del porcentaje de MS de los glomérulos en tres partes de la panoja, tres fechas.

Parte	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
Superior	19.6 a	a	50.9	a	88.9	a
Media	19.9 a	a	49.0	a	88.7	a
Inferior	18.5 b	b	41.4	b	87.7	b

En las tres fechas evaluadas existieron diferencias en el porcentaje de MS de los glomérulos, de la parte superior y media frente a la parte inferior de la panoja, donde la parte superior y media presentan valores más altos que la inferior (cuadro 45). Esta diferencia nos permite indicar que la maduración en la panoja de la quinua es ligeramente desuniforme.

5.8.2. Peso de grano seco

Los ANVA se muestran en anexos (Cuadro 25), donde los CV fueron 15.08, 18.69 y 18.99% para los 126, 155 y 176 DDS, los mismos son menores al 30%. Se encontraron diferencias altamente significativas para los factores variedad y partes de la panoja para todas las fechas evaluadas, la interacción variedad por partes de la panoja (V x P) no muestra diferencias para ninguna de las fechas evaluadas.

5.8.2.1. Peso de grano seco en gramos de las diez variedades

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad estadística, muestra que existieron diferencias entre las variedades para las tres fechas evaluadas, donde las variedades

que destacaron fueron Agro 2000 y Jiwaki, ambas superiores al resto de las variedades, también se observó que la variedad que reportó los pesos más bajos, fue la variedad del Altiplano Sur Toledo naranja (Cuadro 46). Según Slafer *et al.* (2004) el peso final del grano dependerá de la potencialidad genética de cada cultivar y de las condiciones ambientales durante el periodo de llenado de granos.

Cuadro 46. Prueba de Duncan para comparar el peso de grano (g) de las diez variedades, para tres fechas evaluadas.

Variedad	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (g)	Duncan (5%)	Media (g)	Duncan (5%)	Media (g)	Duncan (5%)
V ₀₁ Chucapaca	0.3	d	2.0	b c	1.8	c d
V ₀₂ Surumi	0.4	c d	1.9	b c	2.8	b
V ₀₃ Kamiri	0.6	b c	2.5	b	2.7	b c
V ₀₄ Huganda	0.5	c d	1.9	b c	2.4	b c
V ₀₅ Jiwaki	0.8	a b	3.7	a	4.0	a
V ₀₆ Agro 2000	0.9	a	3.7	a	4.1	a
V ₀₇ Toledo naranja	0.5	c d	1.1	c	1.0	d
V ₀₈ Real blanca	0.4	c d	1.5	c	1.8	c d
V ₀₉ Toledo rojo	0.3	d	1.6	c	2.0	b c d
V ₁₀ K'ellu	0.4	d	2.0	b c	2.6	b c

En otros estudios realizados en Condiciones de la E. E. de Choquenaira, Nina (2003) también encontró diferencias entre variedades, reportando valores de 0.9 g/planta para la variedad Surumi y 4.6 g/planta para la variedad Blanca de yanamuyu.

En la E. E. de Choquenaira las variedades con mayor peso de grano presentaron una mayor tasa de acumulación de MS, 60 mg/día para las variedades Jiwaki y Agro 2000 y 10 mg/día para la variedad Toledo naranja, bajo las mismas condiciones de temperatura, tal vez la variedad Toledo naranja y Real blanca precedentes del Altiplano Sur, demandaron temperaturas más altas como sucede en esas condiciones, bajo su sistema de cultivo peculiar.

Al respecto la tasa de acumulación de MS del grano en el periodo efectivo de llenado esta altamente correlacionada con la temperatura (Cirilo y Andrade, 1994), para el peso de los granos son dos componentes los que determinan el peso final del grano, la tasa de acumulación de materia seca y la duración del periodo de llenado entre la floración y madurez fisiológica (Slafer *et al.*, 2004).

5.8.2.2. Peso de grano seco (g) en las tres partes de la panoja

La prueba de comparación de medias (Duncan 5% de probabilidad), para tres fechas evaluadas, se presenta en el Cuadro 47, donde se muestra que, a los 126 DDS la parte media fue diferente y superior, seguido por la parte superior e inferior de la panoja. A los 155 y 176 DDS la parte media y superior fueron similares pero diferentes a la partes de la panoja inferior.

Cuadro 47. Prueba de Duncan para el peso de grano seco en gramos, entre las tres partes de la panoja evaluadas.

Parte	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (g)	Duncan (5%)	Media (g)	Duncan (5%)	Media (g)	Duncan (5%)
Superior	0.5	b	2.3	a	3.0	a
Media	0.7	a	2.7	a	3.1	a
Inferior	0.3	c	1.6	b	1.5	b

En general la parte media de la panoja presenta mayor peso porcentual de granos en la panoja, seguida por la parte superior e inferior de la panoja, pues en promedio para las tres fechas la parte superior, media e inferior ocupan un 35.9%, 42.8% y 21.3% como se presenta en la Figura 56.

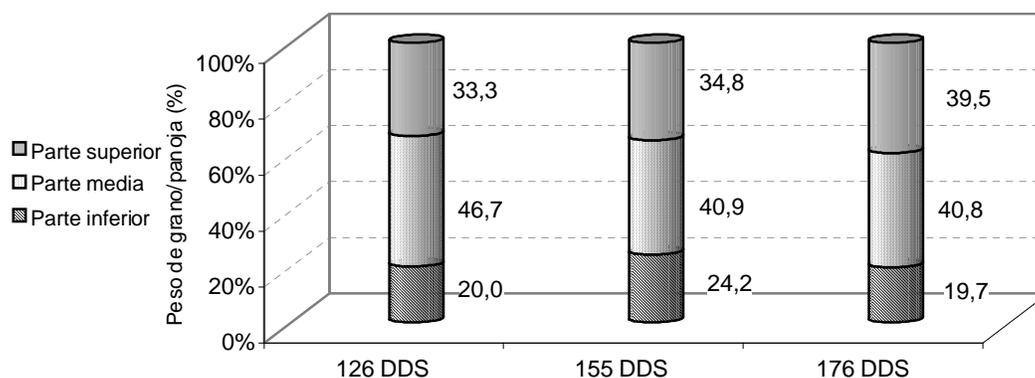


Figura 56. Distribución del peso de grano seco (%) en tres partes de la panoja, para tres fechas evaluadas.

El mayor peso de grano en la panoja, se encuentra en la parte media de la panoja, que al parecer esta relacionada con la forma de la panoja, es decir que la parte media ocupa mayor volumen por lo tanto mayor peso de grano, en relación a la parte superior e inferior que tienen menor volumen, por otro lado la parte superior que registró más peso después de la parte media, presenta glomérulos más compactos que la parte inferior de la panoja.

5.8.3. Peso específico o volumétrico de los granos (g/cc)

Los ANVA para las fechas evaluadas se muestran en anexos (Cuadro 26), donde los CV 8.00%, 5.50% y 4.41% para 126, 155 y 176 DDS indican que los datos son confiables, los bloques no presentaron diferencias a los 126 DDS, pero si para las otras fechas. Existieron diferencias altamente significativas para el factor variedad en todas las fechas evaluadas, para el factor partes de la panoja a los 126 DDS existió diferencias altamente significativas, pero a los 155 y 176 DDS no existieron diferencias; la interacción variedad por partes de la panoja (V x P) no presentó diferencias para todas las fechas evaluadas.

5.8.3.1. Peso específico de grano (g/cc) para el factor variedad

Las diferencias entre las variedades para las tres fechas evaluadas se presentan en el Cuadro 48, donde la prueba de Duncan al 5% de probabilidad muestra que, a los 126 DDS se formaron 6 grupos de las cuales las variedades 3 y 5 registraron los valores más altos 0.568 y 0.566 g/cc, respectivamente.

Cuadro 48. Prueba de Duncan para comparar el peso específico de los granos (g/cc) entre diez variedades de quinua, para tres fechas evaluadas.

Variedad	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (g/cc)	Duncan (5%)	Media (g/cc)	Duncan (5%)	Media (g/cc)	Duncan (5%)
V ₀₁ Chucapaca	0.518	c	0.610	a b	0.629	a
V ₀₂ Surumi	0.528	bc	0.610	a b	0.624	a b
V ₀₃ Kamiri	0.568	a	0.626	a	0.605	a b c
V ₀₄ Huganda	0.532	ab	0.608	a b	0.622	a b
V ₀₅ Jiwaki	0.566	a	0.625	a	0.615	a b c
V ₀₆ Agro 2000	0.561	ab	0.624	a	0.630	a
V ₀₇ Toledo naranja	0.526	bc	0.565	c	0.554	d
V ₀₈ Real blanca	0.496	cde	0.587	b c	0.602	a b c
V ₀₉ Toledo rojo	0.473	de	0.593	b c	0.595	c
V ₁₀ K'ellu	0.488	de	0.595	a b	0.615	a b c

A los 155 DDS se integraron 4 grupos donde las variedades 3, 5 y 6 fueron superiores al resto de las variedades, el valor más bajo lo registró la variedad 7; a los 176 DDS se encontraron 5 grupos donde la variedad 7 fue inferior a las otras variedades, destacaron las variedades 6 y 1 con 0.630 y 0.629 g/cc respectivamente. Chipana (1992) encontró

en promedio para 6 variedades 0.68 g/cc a los 122 y 0.72 g/cc a los 150 DDS, luego se presentó una disminución 0.66 g/cc a los 176 DDS, valores altos en relación a los obtenidos, más aun para la variedad Real blanca que registró a los 164 DDS un valor de 0.73 g/cc, pero en condiciones de Patacamaya. En condiciones de la E. E. de Choquenaira Rodríguez (2005), reportó valores entre 0.689 y 0.699 g/cc para la variedad Surumi.

5.8.3.2. Peso específico de grano (g/cc) en las tres partes de la panoja

Las diferencias en las tres partes de la panoja, para los 126 DDS se muestra en el Cuadro 49, donde según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad la parte media y superior de la panoja no presentaron diferencias, el valor más bajo le correspondió a la parte inferior con 0.500 g/cc .

Cuadro 49. Prueba de Duncan para comparar el peso específico (g/cc) de las tres partes de la panoja a los 126 DDS.

Parte	Media (g/cc)	Duncan (5%)
Superior	0.532	a
Media	0.545	a
Inferior	0.500	b

A los 126 el peso específico de la parte media y superior de la panoja son diferentes y mayor a la parte inferior. Al respecto Gandarillas *et al.* (1993) indican que semillas maduras y seleccionadas presentan un peso volumétrico mayor en relación a semillas inmaduras, mal formadas. Concluyendo que las tres partes de la panoja presentan una madurez casi similar en relación al peso específico de los granos a partir de los 155 días DDS hasta la cosecha (176 DDS).

5.8.4. Número de granos (NG)

Los ANVA para las tres fechas evaluadas se muestran en anexos (Cuadro 26), donde los CV 21.70%, 19.40% y 19.49% para 126, 155 y 176 DDS, los cuales se encuentran por debajo del 30%, en relación a los bloques no hay diferencias significativas para 126 y 176 DDS, pero si a los 155 días después de la siembra. Existen diferencias altamente significativas para el factor variedad y partes de la panoja, pero para la interacción variedad por partes de la panoja, no se hallaron diferencias en todas las fechas evaluadas.

5.8.4.1. Número de granos (NG) en las diez variedades

Existieron diferencias entre variedades en las tres fechas evaluadas, pues la prueba de Duncan (Cuadro 50), muestra que a los 126 DDS se formaron 6 grupos de los cuales destacó la variedad 6 con 598 granos, las variedades con el menor NG fueron la 10, 8 y 7; a los 155 DDS se formaron 4 grupos, donde la variedad 5 y 6 fueron superiores y diferentes a las demás variedades; de igual manera a los 176 DDS las variedades 6 y 5 fueron similares y superiores al resto de las variedades.

Para otros cultivos como el maíz el NG queda establecido a los 30 días centrado en la floración (periodo crítico), de tal manera que un estrés hídrico provoca mermas en el NG (Hall *et al.*, 1981). Si se observa la figura 5a no existió un déficit hídrico en la floración en E. E. de Choquenaira, sin deficiencias hídricas o nutricionales el NG depende de la tasa de crecimiento por planta (TCP) alrededor de la floración, que depende de varios factores entre ellos el genotipo (Andrade *et al.*, 2002), si se observa entre los 90 DDS (3/02/04) y 120 DDS (3/03/04) el tiempo comprendido entre la floración, la variedad con mayor tasa de crecimiento por planta fue precisamente la variedad Jiwaki con $0.4 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y la variedad con el menor NG la variedad Toledo naranja, con el valor más bajo $0.06 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$.

Cuadro 50. Prueba de Duncan para comparar el NG entre diez variedades de quinua, para tres fechas evaluadas.

Variedad	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (NG)	Duncan (5%)	Media (NG)	Duncan (5%)	Media (NG)	Duncan (5%)
V ₀₁ Chucapaca	449	bc	719	b	558	bcd
V ₀₂ Surumi	346	cd	589	b	775	bc
V ₀₃ Kamiri	497	ab	747	b	801	b
V ₀₄ Huganda	382	bcd	635	b	685	bc
V ₀₅ Jiwaki	384	bcd	1025	a	1094	a
V ₀₆ Agro 2000	598	a	1040	a	1120	a
V ₀₇ Toledo naranja	260	d	354	c	353	d
V ₀₈ Real blanca	263	d	521	bc	516	bcd
V ₀₉ Toledo rojo	334	cd	684	b	804	b
V ₁₀ K'ellu	266	d	609	b	778	bc

En estudios en las condiciones de la E. E. de Choquenaira, Alcón (2005) reportó 1419 granos por planta para la variedad Blanca de Yanamuyu y 705 granos por planta para la variedad Surumi.

5.8.4.2. Número de granos (NG) en las tres partes de la panoja

La diferencia entre las tres partes de la panoja, para las tres fechas evaluadas, se presenta en el Cuadro 51, donde según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, a los 126 DDS las tres partes fueron diferentes, en cambio a los 155 y 176 DDS, la partes media y superior, no muestran diferencias, pero si con la parte inferior que registró los valores más bajos 511 y 471 granos, respectivamente.

Al igual que el peso del grano en la parte media de la panoja se encontró que existe mayor cantidad de granos, seguido por la parte superior e inferior.

Cuadro 51. Prueba de Duncan para comparar el NG entre las tres partes de la panoja.

Parte	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (NG)	Duncan (5%)	Media (NG)	Duncan (5%)	Media (NG)	Duncan (5%)
Superior	363	b	794	a	902	a
Media	498	a	817	a	872	a
Inferior	274	c	511	b	471	b

La Figura 57 muestra el porcentaje de NG de la parte superior, media e inferior de la panoja en las tres fechas evaluadas, donde se observa que el mayor valor se encuentra en la parte media, seguido por la parte superior e inferior con valores promedios de 40.4%, 36.5% y 23.1% para las 3 fechas. Concluyendo que la partes de la panoja media de la panoja presenta mayor porcentaje de NG seguidos por la parte superior e inferior.

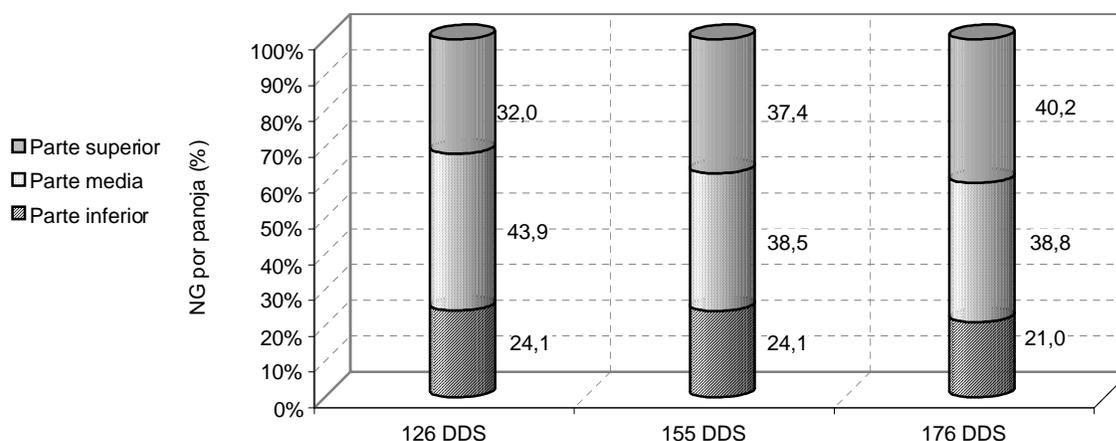


Figura 57. Distribución del porcentaje del NG en la parte superior media e inferior de la panoja, para tres fechas evaluadas.

5.8.5. Porcentaje del Número de granos (NG) de clase 1, 2, 3 y 4

En el Cuadro 52 se presenta un resumen, que muestra las diferencias existentes entre los factores de estudio, para el porcentaje de NG de las cuatro clases y en anexos se presentan los ANVA (Cuadros 27 y 28). Donde los CV se encuentran por debajo de 30%, lo cual significa que los datos son confiables, entre bloques existe diferencias para la clase 1 a los 155 DDS y a los 176 DDS, también para el porcentaje de NG de la clase 3 a los 126 DDS y 155 DDS.

Para el factor variedad, para las 4 clases y en las tres fechas evaluadas existen diferencias altamente significativas, a excepción de la clase 4 a los 155 DDS que presentó diferencias significativas y para la clase 1 a los 126 DDS no existió diferencias; para el factor partes de la panoja no se encontraron diferencias para la clase 1 y 3 a los 126 DDS, clase 4 a los 155 DDS, finalmente para la interacción (V * P) en todas las fechas y clases no se encontraron diferencias.

Cuadro 52. Resumen de las diferencias entre los factores y el CV, para el porcentaje de NG de las 4 clases por panoja, evaluadas en 3 fechas.

	Clase 1 (>2.5 mm)			Clase 2 (2.5 -2.0 mm)		
	126 DDS	155 DDS	176 DDS	126 DDS	155 DDS	176 DDS
BLO	NS	*	*	NS	NS	NS
VAR (V)	NS	**	**	**	**	**
POS (P)	NS	*	**	**	**	**
V*P	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV	0.24%	8.43%	7.66%	11.93%	14.67%	16.92%
	Clase 3 (2.0 -1.4 mm)			Clase 4 (1.4 -1.0 mm)		
	126 DDS	155 DDS	176 DDS	126 DDS	155 DDS	176 DDS
BLO	NS	NS	NS	*	*	NS
VAR (V)	**	**	**	**	*	**
POS (P)	NS	**	**	*	NS	*
V*P	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV	14.85%	21.08%	21.56%	12.12%	4.91%	6.69%

*(Diferencias significativas), ** (Diferencias altamente significativas), NS (Diferencias no significativas).

5.8.6. Porcentaje del NG de clase 1 (>2.5 mm), 2 (2.5 - 2.0 mm), 3 (2.0 - 1.4 mm) y 4 (1.4 - 1.0 mm), para las diez variedades

5.8.6.1. Porcentaje del NG de clase 1, para las diez variedades

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad se presenta en el Cuadro 53, donde se observa que a los 155 DDS se formaron 5 grupos, destacando las variedades 8 con 8.0% seguido por la variedad 7 con 6.3 %; a los 176 DDS se formaron 6 grupos de los cuales, destaco la variedad Real blanca con 8.0%, seguido por las variedades 4, 6 y 5, las variedades con los valores más bajos fueron la 1 y 9 ambas con 0.0 por ciento.

En estudios realizados en la E. E. de Choquenaira Alcón (2005), también encontró diferencias notables entre variedades, oscilando el tamaño de grano de clase 1, o se con un diámetro mayor a 2.5 mm entre 4 a 21% en peso, valores parecidos a los reportados por Gutiérrez (2003) que fluctuaron de 1% para la variedad Blanca de yanamuyu, a 21% para la variedad Surumi. También se encontró valores altos para las variedades 8 y 7 procedentes del Altiplano Sur, los cuales coinciden con los diámetros reportados por Aroni *et al.* (2003), 2.36 mm para la Real blanca y 2.45 mm para la Toledo naranja, así como para la variedad Huganda que según Mamani (sf) presenta un diámetro mayor a 2.3 mm.

Cuadro 53. Prueba de Duncan del NG de clase 1 (%) entre las diez variedades.

Variedad	155 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
V ₀₁ Chucapaca	0.0	d	0.0	e
V ₀₂ Surumi	4.2	b	2.7	cd
V ₀₃ Kamiri	3.7	bc	1.5	d e
V ₀₄ Huganda	4.6	b	5.6	b
V ₀₅ Jiwaki	5.8	ab	4.5	bc
V ₀₆ Agro 2000	6.2	ab	4.9	bc
V ₀₇ Toledo naranja	6.3	ab	3.0	cd
V ₀₈ Real blanca	8.0	a	8.0	a
V ₀₉ Toledo rojo	0.2	d	0.0	e
V ₁₀ K'ellu	1.1	cd	2.7	cd

5.8.6.2. Porcentaje del NG de clase 2, para las diez variedades

La prueba de Duncan al 5% de probabilidad se presenta en el Cuadro 54, donde a los 126 DDS se formaron 6 grupos destacando las variedades 8 y 7, los valores más bajos fueron registradas por las variedades 9 y 1; a los 155 DDS se formaron 3 grupos, donde

la variedad 5 fue diferente y superior a las otras variedades; a los 176 DDS se encontraron 3 grupos donde destacaron las variedades 5, 2 y 4, el valor más bajo 33.6% fue registrado por la variedad 9.

Mamani (sf), reportó para las variedades Jiwaki y Agro 2000 un diámetro promedio de 1.8 mm, lo cual no coincide con los resultados encontrados, porque estas variedades en las condiciones de la E. E. de Choquenaira presentaron 66.0% y 70.0% en número de granos, con un diámetro mayor a 2.0 mm es decir que estas variedades presentan mayor cantidad de granos grandes, quizá esta variación en el tamaño se deba a un efecto ambiental, pues son variedades de la E. E. de Belén que se encuentra cerca al lago Titicaca, al respecto Cantolic *et al.* (2004) indica que variaciones en el tamaño de la semilla, pueden ser explicados por la duración del periodo efectivo de llenado y su tasa de crecimiento, ambos atributos están gobernados genéticamente y varían con las condiciones ambientales.

Cuadro 54. Prueba de Duncan del NG de clase 2(%) entre las diez variedades.

Variedad	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
V ₀₁ Chucapaca	0.5	f	40.6	c	45.4	b
V ₀₂ Surumi	1.6	ef	56.3	b	64.4	a
V ₀₃ Kamiri	3.1	def	51.6	b	49.7	b
V ₀₄ Huganda	7.0	cde	52.9	b	61.1	a
V ₀₅ Jiwaki	13.1	bc	63.0	a	65.0	a
V ₀₆ Agro 2000	8.7	cd	55.2	b	53.1	b
V ₀₇ Toledo naranja	16.8	a b	51.1	b	47.5	b
V ₀₈ Real blanca	19.4	a	43.3	c	49.8	b
V ₀₉ Toledo rojo	0.3	f	38.9	c	33.6	c
V ₁₀ K'ellu	4.4	def	54.3	b	51.9	b

Por otra parte para la variedad Surumi Rodríguez (2005), reportó una predominancia de granos con un diámetro de clase 2, o sea con un diámetro entre 2.5 a 2.0 mm con un valor de 32% en peso, confirmando el resultado encontrado.

5.8.6.3. Porcentaje del NG de clase 3, para las diez variedades

La prueba de Duncan donde se observa las diferencias entre las variedades para cada fecha evaluada se presenta en el Cuadro 55, donde a los 126 DDS se formaron cuatro grupos, destacando la variedad 3, el valor más bajo fue registrado por la variedad 8, a

los 155 DDS se formaron cinco grupos, donde las variedades 9 y 1 fueron superiores y diferentes a las otras variedades, el valor más bajo le correspondió a la variedad 5 con 30.5%; finalmente a los 176 DDS se encontraron ocho grupos, donde destacó la variedad 9 con 62.4% valor superior y diferente al resto, seguido por la variedad Chucapaca, los valores más bajos fueron registrados por las variedades 2 y 5.

La variedad Chucapaca genéticamente presenta menor porcentaje de NG de clase 2, como indican Gandarillas *et al.* (1996) al afirman que esta variedad presenta granos medianos con un diámetro promedio de 2.0 mm. En cambio para la variedad Toledo rojo y K'ellu, parece ser el efecto ambiental que influyó en este comportamiento ya que son variedades proveniente del Altiplano Sur donde presenta granos grandes con un diámetro promedio de 2.45 mm y 2.57 mm, respectivamente (Aroni *et al.*, 2003).

Cuadro 55. Prueba de Duncan del NG de clase 3 (%) entre las diez variedades.

Variedad	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
V ₀₁ Chucapaca	74.5	b c	58.1	a	51.5	b
V ₀₂ Surumi	80.4	a b	38.6	b c	31.1	f
V ₀₃ Kamiri	88.5	a	43.4	b c	47.7	bc
V ₀₄ Huganda	83.8	a b	41.4	b c	32.5	ef
V ₀₅ Jiwaki	79.4	a b	30.5	d	29.5	f
V ₀₆ Agro 2000	76.1	b c	37.8	c d	40.4	cd
V ₀₇ Toledo naranja	78.8	a b	41.3	b c	45.6	bcd
V ₀₈ Real blanca	66.3	c	46.9	b	39.0	de
V ₀₉ Toledo rojo	73.9	b c	59.2	a	62.4	a
V ₁₀ K'ellu	83.6	a b	42.9	b c	43.8	bcd

5.8.6.4. Porcentaje del NG de clase 4, para las diez variedades

Existen diferencias en el porcentaje del NG de clase 4 entre variedades para las tres fechas evaluadas, las mismas se presentan en el Cuadro 56, donde la prueba de Duncan al 5% de probabilidad muestra que, a los 126 DDS se formaron seis grupos, de los cuales destacaron las variedades 9 y 1; a los 155 DDS se formaron siete grupos donde destacó la variedad 9 con 1.9%, los valores más bajo fueron registrados por las variedades 6 y 5; a los 176 DDS se encontraron ocho grupos, de los que destacaron las variedades 1 y 9, el valor más bajo 0.8% fue registrado por la variedad 4.

Cuadro 56. Prueba de Duncan del NG de clase 4(%) entre las diez variedades.

Variedad	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
V ₀₁ Chucapaca	25.0	a	1.3	abcd	4.9	a
V ₀₂ Surumi	17.8	ab	1.0	cd	1.9	bcde
V ₀₃ Kamiri	8.4	bcd	1.3	abcd	1.1	de
V ₀₄ Huganda	9.1	bcd	1.0	bcd	0.8	e
V ₀₅ Jiwaki	7.4	cd	0.6	d	1.0	de
V ₀₆ Agro 2000	15.5	bc	0.7	d	1.6	cde
V ₀₇ Toledo naranja	4.4	d	1.4	abcd	3.8	abc
V ₀₈ Real blanca	14.3	bcd	1.8	ab	3.2	abcd
V ₀₉ Toledo rojo	25.9	a	1.9	a	4.1	ab
V ₁₀ K'ellu	12.0	bcd	1.7	abc	1.7	cde

Concluyendo que las variedades que presentaron mayor porcentaje de NG de clase 4, es decir con un diámetro entre 1.4 a 1.0 mm fueron las variedades Toledo rojo y Chucapaca. En general para los 176 DDS tiempo en el que se realizó la cosecha, los granos de clase 4 ocuparon valores bajos en promedio 2.4%. Gutiérrez (2003) en E. E. de Choquenaira encontró para la variedad Surumi 8.0% en peso de granos de clase 4, por otro lado Alcón (2005) en promedio para dos variedades encontró un valor casi similar menor al 10.0% para el mismo tamaño de grano.

5.8.6.5. Porcentaje del NG de clase 1 en las tres partes de la panoja

Según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, a los 155 DDS la parte media fue superior a la inferior, pero la parte superior fue similar a ambas partes; a los 176 DDS la parte media y la parte superior obtuvieron los valores más altos y diferentes al registrado por la parte inferior (Cuadro 57).

Cuadro 57. Comparación del NG de clase 1 (%) en las tres partes de la panoja.

Parte	155 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
Superior	4.1	a b	3.8	a
Media	5.1	a	4.4	a
Inferior	2.8	b	1.7	b

En la panoja principal la parte superior y media tienen mayor porcentaje de NG de clase 1 en relación a la parte inferior de la panoja, pues en promedio para las dos fechas se presentó 4.0%, 4.7% y 2.3% respectivamente, debido tal vez a la asincronía en la

floración de la panoja (Mújica, 1999), pero principalmente al menor número de glomérulos en la parte inferior de la panoja (Figura 58).

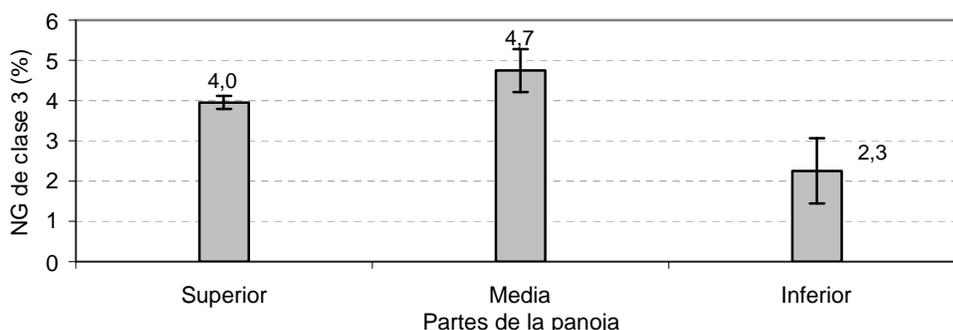


Figura 58. Porcentaje del NG de clase 1 en las tres partes de la panoja ($m \pm SE$).

Por otra parte en estudios realizados en la E. E. de Choquenaira, Gutiérrez (2003) al comparar partes de la panoja principal dividiendo la misma, encontró diferencias en el porcentaje de granos de clase 1 (diámetro >2.5mm) encontrando que en la parte central, seguida por la partes superior e inferior existía más porcentaje de granos de clase 1 con 30.0%, 22.0% y 20.0% respectivamente, confirmando el resultado encontrado.

5.8.6.6. Porcentaje del NG de clase 2 en las tres partes de la panoja

El Cuadro 58 presenta la diferencia en las tres partes de la panoja, donde la prueba de Duncan al 5% de probabilidad muestra que, a los 126, 155 y 176 DDS la parte media y superior fueron similares estadísticamente, pero diferentes a los valores encontrados en la parte inferior de la panoja.

Cuadro 58. Comparación del NG de clase 2 (%) en las tres partes de la panoja.

Parte	126 DDS		155 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
Superior	9.4	a	46.5	a	53.2	a
Media	8.7	a	46.8	a	54.7	a
Inferior	4.3	b	37.5	b	48.6	b

En la panoja principal la parte superior y media tienen mayor porcentaje de NG de clase 2 en relación a la parte inferior, con valores en promedio para las tres fechas de 36.4%, 36.7% y 30.1% respectivamente (Figura 59). Este resultado casi concuerda con los encontrados por Gutiérrez (2003), pues el también reportó que en la porción central o media de la panoja, se encontraron mayor cantidad de granos de clase 2 (2.5-2.0 mm de diámetro) con valores que oscilaron entre 25.0%.y 29.0%.

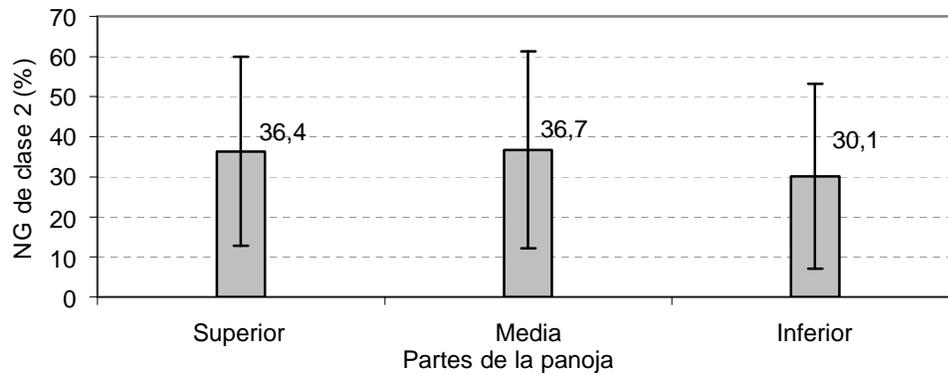


Figura 59. Porcentaje del NG de clase 2 en las tres partes de la panoja ($m \pm SE$).

5.8.6.7. Porcentaje del NG de clase 3 en las tres partes de la panoja

Las diferencias entre las tres partes de la panoja de esta variable, para dos fechas, se presenta en el Cuadro 59, donde según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, a los 155 DDS las tres partes fueron diferentes, la parte inferior registró el valor más alto 48.4%, seguido por la parte superior e inferior.

Cuadro 59. Comparación del NG de clase 3 (%) en las tres partes de la panoja.

Parte	155 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
Superior	43.9	b	41.0	b
Media	39.7	c	39.2	b
Inferior	48.4	a	46.8	a

A los 176 DDS la parte inferior de la panoja registró el valor más alto (46.8%) que fue diferente a los valores registrados en las parte media y superior estas dos últimas partes fueron similares estadísticamente.

En la panoja principal la parte inferior presenta mayor porcentaje de granos de clase 3, seguido por la parte superior y luego la parte media, con valores promedios para las dos fechas de 47.6%, 42.5% y 39.5% respectivamente (Figura 60). Por otra lado en la E. E. de Choquenaira, Gutiérrez (2003) al comparar partes de la panoja principal dividiéndola, encontró diferencias en el porcentaje de granos de clase 3 (diámetro 2.0-1.4mm), encontrando que en la parte inferior de la panoja se presentó el valor más alto en relación a la otras partes con un valor de 28%, confirmando el resultado encontrado.

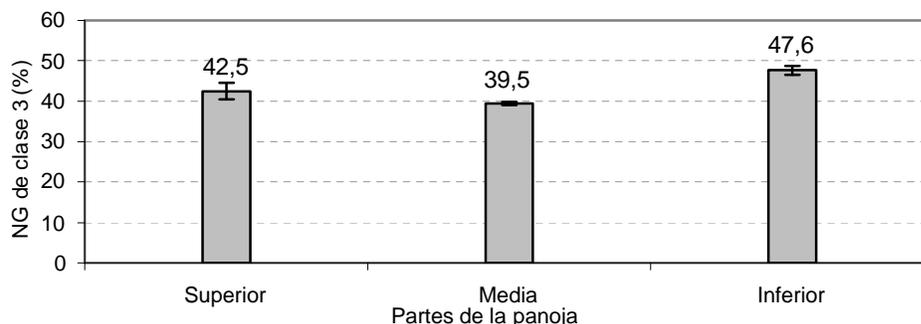


Figura 60. Porcentaje del NG de clase 3 en las tres partes de la panoja ($m \pm SE$).

5.8.6.8. Porcentaje del NG clase 4 en las tres partes de la panoja

El Cuadro 60 se muestra la prueba de Duncan al 5% de probabilidad, en el cual a los 126 DDS la parte inferior con 16.3% fue diferente a la parte media, la parte superior fue similar a ambas partes de la panoja.

Cuadro 60. Comparación del NG de clase 4 (%) en las tres partes de la panoja.

Parte	126 DDS		176 DDS	
	Media (%)	Duncan (5%)	Media (%)	Duncan (5%)
Superior	14.9	a b	2.0	b
Media	10.7	b	1.8	b
Inferior	16.3	a	2.9	a

A los 176 DDS el valor más alto fue registrado por la parte inferior 2.9%, valor diferente a los de las partes superior y media. Por lo tanto en la panoja la parte inferior presenta el mayor porcentaje de granos de clase 4, seguido por la parte superior y media con valores promedios de 9.6%, 8.4% y 6.2% respectivamente (Figura 61).

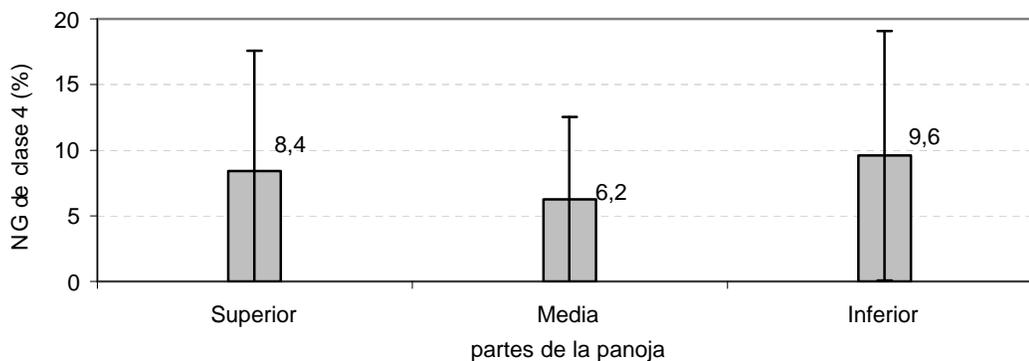


Figura 61. Porcentaje del NG de clase 4 en las tres partes de la panoja ($m \pm SE$).

En resumen al comparar el porcentaje de NG por tamaño de grano en cuatro clases, se llegó a la conclusión de que existen diferencias en la maduración de la panoja,

encontrándose que en la parte media de la panoja los granos maduran mejor, seguido por la parte superior y finalmente la parte inferior, demostrado en los resultados encontrados que indican que en la parte media y superior de la panoja se tienen más granos de clase 1 y 2, mas al contrario en la parte inferior se encuentran más granos de clase 3 y 4.

El número de células endospermáticas que se producen en la fase inicial del desarrollo del grano, se encuentra altamente correlacionada con el tamaño final del grano, este número varia con la posición de los granos en la espiga de trigo, el cultivar y el medio ambiente (Slafer *et al.*, 2004). Tomando esta referencia, podemos indicar que aparentemente en la parte inferior de la panoja en la fase inicial se constituyen menos células endospermáticas, que luego influyen en el tamaño de los granos y en contraposición en la parte media y superior de la panoja, se forman más células endospermáticas por ello se presentan mayor porcentaje de granos con un diámetro mayor a 2.0 mm.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos de las variables de respuesta estudiadas en la presente investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

La variación de las condiciones climáticas del Altiplano boliviano, influyeron en la maduración de los granos de las variedades de quinua, es así que cuando las temperaturas fueron más altas que bajas, durante el llenado de granos entre la fase de grano lechoso y madurez fisiológica el periodo disminuyó, dependiendo de la precipitación ya que altas precipitaciones combinadas con buenas temperaturas prolongaron también el periodo de llenado de granos.

Existe una relación lineal ($r = 0.86$), que indica que a medida que aumenta la duración de la helada, habrá un incremento de su intensidad.

En la E. E. de Belén la biomasa aérea (MS g/planta) fue superior que en las tres otras localidades, en las tres fechas evaluadas, se observó también que a los 60 y 90 DDS Choquenaira y Condoriri fueron superiores a Sivingani pero a los 120 DDS la diferencia ya no fue tan marcada entre las tres localidades. Sivingani presentó los valores más bajos a los 60 DDS y 90 DDS, debido a la sequía presentada en este sitio.

Al comparar la biomasa (MS g/planta), de diez variedades en la E. E. de Choquenaira se encontró que no existieron diferencias entre los 60 DDS y 90 DDS, pero si a los 120 DDS pues se encontró que la variedad Jiwaki con 15.2 g/planta reportó el valor más alto, el valor más bajo 4.4 g/planta fue reportado por las variedades Toledo naranja y Real Blanca, que en parte se debió al efecto de la granizada presentada el 2 de enero del 2004.

Para las diez variedades evaluadas en Choquenaira a medida que los granos de clase 1 (diámetro mayor a 2.5 mm) y 2 (diámetro entre 2.5 a 2.0 mm) incrementaron, los granos de clase 3 (diámetro entre 2.0 a 1.4 mm) y 4 (diámetro entre 1.4 a 2.0 mm) disminuyeron con valores de 0.02%, 7.8%, 79.0% y 41.2% respectivamente a los 126 DDS a 5.4%, 55.9%, 13.2% y 2.1% a los 169 DDS. Se presentó el mismo comportamiento en Belén, Condoriri y Sivingani.

De los cuatro sitios de estudio evaluados, la E. E. de Belén presentó condiciones ambientales relacionadas principalmente con el suelo que favorecieron la maduración de los granos de quinua, pues para la cosecha final Belén fue superior en la mayoría de las variables de respuesta evaluadas, seguido por Sivingani, Choquenaira y Condoriri.

Existieron diferencias en el tamaño de grano por panoja entre las tres variedades, pues la variedad Surumi presentó mayor porcentaje del NG de clase 2 (63%) que clase 3 (45.0%); la variedad Kamiri presentó 51.1% en NG de clase 2 frente a un 43.6% de NG de clase 3; en cambio la variedad Chucapaca presentó más granos de clase 3 (52.8%) frente a un 45.0% de granos de clase 2.

Existieron diferencias en el tamaño de grano por panoja entre variedades, dependiendo del sitio donde fueron producidos, es decir que existió una interacción genotipo ambiente, variando el porcentaje de NG de clase 2 de 30.3% en Condoriri a 60.6 % en Belén.

Existió una relación directamente proporcional de la temperatura con la velocidad de crecimiento de raíces y el porcentaje de germinación, pues la longitud radicular incrementó a 4.3 cm y 6.3 cm, y la germinación a 99.7% y 99.8% a las 48 horas de medición, para una temperatura de 20 °C y 25 °C, respectivamente.

En la fase de grano Belén presentó bajas temperaturas a pesar de ello en esta localidad se registraron mejores resultados por panoja, seguido por Sivingani, Choquenaira y Condoriri aunque en estas se presentaron condiciones más favorables de temperatura. Para la lluvia, en Sivingani la fase de grano se registró 140.8 mm, Belén 57.7 mm, Condoriri 64.6 mm y Choquenaira 80.6 mm, presentando mejores resultados Belén y Sivingani seguidos por Choquenaira y Condoriri.

Las variedades en Choquenaira mostraron respuestas diferentes, porque las del Altiplano Sur Toledo rojo, Toledo naranja, Real Blanca y K'ellu, para la mayoría de las variables de respuesta evaluadas alcanzaron los valores más bajos. En cambio las variedades del norte es decir Jiwaki y Agro 2000 presentaron los mejores resultados.

En relación al tamaño de grano, las variedades con mayor porcentaje del NG granos de clase 1 (diámetro mayor 2.5) y 2 (diámetro 2.5 - 2.0 mm) fueron: Real blanca, Toledo Naranja, Jiwaki, Agro 2000, Huganda, Surumi, Kamiri y K'ellu, y las con mayor porcentaje

de granos de clase 3 (diámetro 2.0 - 1.4mm) y 4 (diámetro de 1.4 - 1.0 mm) fueron las variedades Toledo rojo y Chucapaca.

En Choquenaira existieron diferencias en la maduración de los granos en las tres partes de la panoja, ya que la mayoría de las variables de respuesta evaluadas, mostraron valores altos en la parte media y superior en relación a la parte inferior de la panoja, a excepción del porcentaje del NG de clase 3 y 4 que fue mayor en la parte inferior de la panoja.

6.2. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y conclusiones obtenidos en el presente trabajo de investigación se recomienda:

- Realizar estudios para conocer el tamaño de grano de otras variedades en distintos sitios de producción, ya que el rendimiento junto al tamaño de grano, son los principales determinantes de la calidad comercial y principales criterios de selección para el mejoramiento.
- Estudiar la relación de las condiciones de temperatura y precipitación en la fase del llenado de granos con las características bromatológicas de la quinua, pues las condiciones meteorológicas influyen en estas características de calidad.
- Estudiar la influencia de la interacción de la prefloración y floración con el clima, en el **número de granos**, el cual es uno de los componentes del rendimiento más importantes. Asimismo la maduración de los granos en la proporción posicional de la panoja principal, en otras variedades de quinua en diversos sitios de producción.
- Para obtener granos con un diámetro mayor a 2.0 mm convendría realizar fertilización nitrogenada en el suelo. Por lo tanto se debería realizar investigaciones para determinar que nivel de N P K es el óptimo para obtener mayor tamaño de grano y rendimiento.

7. BIBLIOGRAFÍA

ALCÓN, C. 2005. El desfase fenológico y la heterogeneidad de crecimiento dos mecanismos posibles de tolerancia a las bajas temperaturas en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 120 p.

ALVIN LEWIS, 1981. Bioestadística. Trad. GIRAL, J. Compañía editorial continental S. A. México, pp. 87 -117.

ANDREWS, C. 1966. Some Aspects of Pod and Seed development in Lee Soybeans. Ph D thesis, Mississippi State University, State College, Mississippi ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYST (1970). Rules for testing Seeds. Proc. Assoc. off. Seed Analysts. Am. 60, 1 - 116.

ANDRADE, F.; ECHARTE, L.; RIZZALLI; DELLA MAGGIORA, A. and CASANOVA, M. 2002. Kernel number predictions in maize under nitrogen or water stress. *Crop Sci.* 42: 1173-1179.

ARONI, J.; ARONI, G.; QUISPE, R. Y BONIFACIO, A. 2003. Catalogo de la quinua real. Mc. KNIGHT, PROINPA, MACIA-SINARGEAA. Cbba., Bolivia. pp. 14 - 27.

AUZA, J. 2003. Curvas de crecimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y avena (*Avena sativa*) en condiciones diferenciadas de alimentación hídrica y nutrición nitrogenada en la E. E. de Choquenaira. Tesis de grado. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, U M S A. pp. 38 - 40.

BÁNYAI Y BARABÁS, 2002. Handbook on statistics in seed testing. I. S. T. A. 83 p.

BERTI, M.; SERRI, H.; WILKENS, R.; URBINA, A. Y FIGUEROA, I. 1997. Determinación de la madurez optima de cosecha en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Chillan. *Agro - Ciencia.* 13 (2). pp. 135 – 141.

BONIFACIO, A. 1989. Prueba de campo para tolerancia a heladas en quinua. Informe anual 1988 – 1989. IBTA. La paz, Bolivia. pp. 23 – 29.

BOSQUE, H. 1994. Cultivo en Suka kollu de quinuas tolerantes a heladas en dos épocas de siembra. Tesis de grado. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, U M S A. 120p.

BRAVO, P. R. 1975. Análisis Bibliográfico en quinua y cañihua. En: MUJICA, JACOBSEN, ORTIZ, CANAHUA, APAZA, AGUILAR Y DUPEYRAT. Investigaciones en Cañihua. 2002. UNA/CARE/CIP/DANIDA/INIA. Puno, Perú. pp. 11 – 14.

BROWNE, G. L. 1978. Identification of physiological maturity in sunflowers (*Helianthus annuus*). Aust. J. exp. Agric. Anim. Husband. 18, 282 - 286.

BUTLER, F. C. 1948. Agric. Gaz. N. S. W. 59: 415-426.

CAJOYA, M. 1996. Caracterización de variables continuas y discretas del grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco de germoplasma de la E. E. de Patacamaya. Oruro, Bolivia. Tesis de grado. Ing. Agr. Oruro, Bolivia. Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, UTO. pp. 99 -105.

CALLIZAYA, I. 1994. Caracterización de las tierras de la estación Experimental de Choquenaira, según su capacidad de uso y aptitud para riego. Tesis de grado. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 177 p.

CALZADA, 1970. "Metodologías estadísticas para Investigación". Edit. Jurídica. Lima – Perú.

----- 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. Edit. Universidad Agraria la Molina. Lima - Perú.

CANAHUA, A. y REA, J. 1979. Quinuas resistentes a heladas, avance a la investigación, En: Segundo congreso internacional de cultivos andinos. Escuela superior politécnica de Chimborazo, del 4 al 8 de junio de 1979. Facultad de Ingeniería Agronómica. Riobamba - Ecuador. pp. 143 -149.

CANTOLIC, A.; GIMENES, P.; FUENTE de la, E. 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad de la soja. En: SATORRE, E. H., BENECH, R. L., SLAFER, G., FUENTE, E. B. de la, MIRALLES, D. J., OTEGUI, M. R., Y

- SAVIN, R. 2004. Producción de granos. Facultad de Agronomía de Buenos Aires., Argentina 783 p.
- CARI, A. 1978. Efectos de la salinidad y fertilización potásica en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de Ing. Agr. Puno, Perú. Facultad de Ciencias Agrarias, UNA. 130 p.
- CARLO, A. 1996. Introducción de variedades de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la localidad de Escoma – La Paz. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. pp. 21-22.
- CHILON, E. 1997. Manual de fertilidad y Nutrición de plantas. CIDAT. La Paz, Bolivia. pp. 40 – 47.
- CHIPANA, N. 1992. Estudio de características de calidad en la producción de semilla básica de quinua dulce (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 96p.
- CONTRERAS, A. y AMUSQUÍVAR, J. 1992. Caracterización física y química del grano de quinua. En: MORALES Y VACHER. Actas del VII congreso internacional sobre cultivos andinos. Del 4 al 8 de febrero 1992. La Paz, Bolivia. pp. 85 -89.
- CORREA, T. G. 2005. Implicancias de efectos genéticos y de interacción G x E sobre la selección de genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) adaptados a distintos ambientes. Tesis Ing. Agr. Argentina. FAUBA. pp. 6-8.
- DAYNARD, T. B. and DUNCAN, W. G. 1969. The black layer and grain maturity in corn. Crop. Sci. 9, 473 - 476.
- DE FINA Y RAVELO, 1979. Climatología y Fenología agrícola. Editorial EUDEBA. Buenos Aires, Argentina. 351p.
- DELOUCHE, J. C. 1974. Maintaining soybean seed quality. In Soybean production, Marketing and Use. Bull. TVA, Muscle Shoal, Alabama. pp 46 - 61.
- EASTIN, J. D.; HULTQUIST, J. H. and SULLIVAN, C. Y. 1973. Physiologic maturity in grain sorghum. Crop. Sci. 13, 175 - 178.

EGLI, D. B. 1998. Seed biology and the yield of grain crops. CAB Internacional, UK. 178 p.

EGLI, D. B. 2004. Seed - fill duration and yield of grain crops. Advances in Agronomy, volume 83: 243 - 279.

ESPINOZA, O. 1996. Componentes de un programa de producción de semillas e importancia de la semilla de buena calidad. En: ESPINDOLA, BONIFACIO, GANDARILLAS, SARAVIA Y BALLON. Catalogo de variedades mejoradas de quinua y recomendaciones para la producción de semillas certificada. Dirección Nacional de Semillas - IBTA, La paz, Bolivia.

FEISTRITZER, W. P. 1985. Procesamiento de semillas cereales y leguminosas de grano. Dirección de producción y protección vegetal, FAO. Roma Italia. 173 p. (Colección FAO: producción y protección vegetal no. 21).

FREY, K. J.; RUAN, E. y WIGGAMS. S. C. 1958. Dry weights and germination of developing oat seeds. Agron. J. 50: 248-250.

GALWEY, N. W. 1993. The potential of quinua as a multipurpose crop for agricultural diversification: a review Industrial Crops and Products. 1: 101-106.

GANDARILLAS, H. 1979. Botánica. En: Tapia, *et al.* (Eds) Quinua y Kañiwa cultivos andinos Centro Internacional para el desarrollo, IICA. Bogota- Colombia. pp. 20 – 30.

GARCIA, M. 1991. Análisis del comportamiento hídrico de dos variedades de quinua frente a la sequía. Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. pp. 32, 119.

GUTIERREZ, J. A. 2003. Evaluación del ritmo de crecimiento y desarrollo de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en la Estación Experimental de Choquenaira (Bolivia). Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía UMSA. 109 p.

GONSALES, J. A. 1999. Ecofisiología y morfología del estrés debido a factores adversos. En: I Curso Internacional sobre: Fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Cip. Lima – Perú. pp. 3 – 20.

HALL, A.; J. LEMCOFF and N. TRAPANI. 1981. Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its components, and their determinants. *Maydica*, 26: 19-38.

HILL, M. J. 1970. Semilleros de gramíneas templadas: factores de formación En: HEBBLETHWAITE, P D., Producción moderna de semillas. Trad. STANHAM, F. Edit. Hemisferio sur. Montevideo, Uruguay. Tomo 1: pp 173 - 178.

HUIZA. Z. 1994. Efecto del déficit hídrico a marchites intensa sobre el ritmo de crecimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 130 p.

IBAÑES, V.; ZEA, W.; PAREDES, R. 1998. Aplicaciones con el sistema de análisis estadístico (SAS), Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú. 300 p.

INSTITUTO BOLIVIANO DE NORMALIZACIÓN Y CALIDAD (IBNORCA). 2002. Norma boliviana, NB 312004. La paz, Bolivia.

Imaña, E., 2004. Unidades calor y temperatura base (entrevista). LP, Bolivia. SENAMHI regional La Paz.

JACOBSEN, S-E.; RUIZ, E.; MUJICA, A.; CRISTIENSEN, J. L. Y ORTIZ, R. 1999. Evaluación de accesiones de quinua para la tolerancia a salinidad. En, Libro de Resúmenes (eds. JACOBSEN, S-E. Y A. VALDES), Primer Taller Internacional sobre Quinua - Recursos Genéticos y Sistemas de Producción, 10 - 14 May, UNALM, Lima, Perú, 131pp.

JACOBSEN, S-E. Y MUJICA, A. 1999. Resistencia de la quinua a la sequía y otros factores abióticos adversos, y su mejoramiento. En: I Curso Internacional sobre: Fisiología de la resistencia a sequía en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Cip. Lima – Perú. pp. 71 – 78.

LANGER, R. and OLUGBENI, L. B. 1970. N. Z. JI agric. Res. 25: 259 - 264.

LEDESMA, J. M. 2000., Climatología y meteorología agrícola. Edit. Montytexto. México y América Central, México D. F. 11560. España. pp. 43 – 52.

LESCANO, R. J. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos alto andinos. Programa Interinstitucional de Waru Waru; INADE / PELT / COTESU. Puno, Perú. pp. 139 – 163, 439.

LENINGER, L. N. y URIE, A. L. 1964. Development of safflower seed from flowering to maturity. Crop Si. 4: 83-86.

LITTLE Y JACKSON, 1991. Métodos estadísticos para la investigación en agricultura. Editorial Trillas. México. pp. 145 - 218.

LOPEZ, J. R. 2000. Interacción genotipo ambiente de 18 variedades de quinua seleccionadas en ambientes del altiplano boliviano. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. pp. 55, 78.

MACA, IBTA, JUNAC, 1988. Sistemas de Producción de Quinua en el Altiplano boliviano. La Paz, Bolivia. pp. 11 – 13.

MAMANI, F. sf. Consulta técnica del programa PROGRANO (Folleto). La Paz, Bolivia.

MAMANI, O. Y. 2006. Dinámica de crecimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con relación a su expansión foliar. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 107 p.

MAMANI, T. V. 1998. Evaluación de la tolerancia a heladas de 20 genotipos de quinua en el Altiplano Central. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 110p.

MARÍN, P. P. 2002. Distanciamiento entre surcos y plantas en dos ecotipos de Kañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en el altiplano norte. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. pp. 3-4.

MARISCAL, C. A. 1992. Agro-climatología. Universidad Tomas Frías. Potosí, Bolivia. pp. 200 – 229.

MCMASTER, G. AND WILHELM, W. 1997. Growing degree -days: one equation, two interpretations. ELSEVIER, Agricultural and Forest Meteorology 87: 291-300 pp.

MERCAU, J.; SADRAS. V.; SATORRE. E.; MESSINA, C.; BALBI, C.; RIBELARREA, M. and HALL, A. 2001. On-farm assessment of regional and seasonal variation in sunflower yield in Argentina. *Agricultural systems* 67: 83-103.

MYERS, R. L. AND FISK, J. W. 1992. Identifying physiological maturity in grain amaranth. p 152. En: *Agronomy Abstracts*. ASA, Minneapolis, MN.

MICHEL, P. G. 2002. Manual de Agro-climatología. Facultad de Agronomía, UMSA – SENAMHI. La Paz, Bolivia. pp. 34 – 39.

MIRALLES, D. J.; DAVER, L. B. Y GOMES N. 2004. Factores que regulan el desarrollo de los granos. En: SATORRE, E. H.; BENECH, R. L.; SLAFER, G.; FUENTE, E. B. de la, MIRALLES, D. J.; OTEGUI, M. R. Y SAVIN, R. Producción de granos. Facultad de Agronomía de Buenos Aires., Argentina. pp. 92.

MIRALLES, D. J.; RICHARD, R. A. AND SLAFFER, G. A. 2000. Duration of the stem elongation period influences the number of fertile florets in wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* 27: 931-940.

MONTEROS, C. Y JACOBSEN, S. E. 1999. Tolerancia de la quinua a heladas. En: Recursos genéticos y sistemas de producción. Primer Taller Internacional sobre Quinua. Edit. Molina. Lima-Perú. pp. 64-65.

MONTES DE OCA, I. 1992. Sistema de riego y agricultura en Bolivia. Taller de análisis de riego MACA y CIIR. La Paz, Bolivia. pp. 79-86.

-----1997. Geografía y recursos naturales de Bolivia. 3ª edición. EDUBOL, La Paz, Bolivia. pp. 125 - 158.

MUJICA Y CANAHUA, 1989. Fenología de Cultivos Andinos. En: Curso Taller de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. PISA – INIA. Puno, Perú.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S. E.; ORTIZ, R.; CANAHUA, A.; APAZA, V.; AGUILAR, P. C. Y DUPEYRAT R. 2002. Investigaciones en Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) UNA /CARE/CIP-DANIDA/INIA. Puno, Perú. 70 p.

MUJICA, A.; ISQUIERDO, J. Y MARATHEE, J. P. 2001. Origen y descripción de la quinua. En: Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FERNANDES, MUJICA, JACOBSEN, MARATHEE, MORON (Eds.). 2001 Cultivos andinos. CD versión 1.0. FAO, Santiago, Chile.

MUJICA, A.; JACOBSEN, S. E.; ISQUIERDO, J. Y MARATHEE, J. P. 2001. Prueba americana y europea de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) resultados. En: Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FERNANDES, MUJICA, JACOBSEN, MARATHEE, MORON (Eds.). 2001 Cultivos andinos. CD versión 1.0. FAO, Santiago, Chile.

MUJICA, A.; ISQUIERDO, J.; JACOBSEN, S. 2004. Quinua: (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivo ancestral alimento del presente y el futuro. FAO, UNA, CIP. Puno, Perú. pp. 188 - 214.

MUJICA, A. & IZQUIERDO, J. 2001. Resistencia a factores adversos de la quinua. En: Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FERNANDES, MUJICA, JACOBSEN, MARATHEE, MORON (Eds.). 2001 Cultivos andinos. CD versión 1.0. FAO, Santiago, Chile.

NINA, J. 2003. Estudio agro fisiológico de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo estrés térmico en la Estación Experimental de Choquenaira. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. pp. 9 -12.

ORDOÑEZ Y MORALES. 1988. Sistemas de producción de quinua en el Altiplano boliviano. En: Seminario Nacional sobre Quinua y Cultivos Andinos. Oruro, julio y Potosí, octubre 1988. La Paz, Bolivia. pp. 10 – 25.

RAMOS, M. 2000. Comportamiento de dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego diferenciado para dos fases fenológicas. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. pp. 6 -10.

RODRIGUEZ, J. P. 2005. El papel del tamaño de grano de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en el crecimiento y desarrollo de las plantas frente a

diferentes profundidades de siembra. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 109 p.

RODRIGUEZ, MARIO, 1991. Fisiología vegetal. Editorial Los amigos del libro. Cochabamba - La Paz, Bolivia. pp: 143 - 145.

ROJAS, J. 1997. Evapo-transpiración máxima en Tarwi "*Lupinus mutabilis Swett*" por lisimetría en el Altiplano Norte. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. pp. 59 – 61.

ROJAS, W. 1998. Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Bolivia, mediante métodos multivariados. Tesis de Magíster en Ciencias Vegetales. Escuela de Graduados. Universidad Austral de Chile. Valdivia. pp. 115 - 136.

RUIZ, E. 1996. Agrometeorología. Universidad autónoma Agraria Antonio Navarro. Primera edición. México. pp. 81.

RUGET, F. 1989. Relations entre matière sèche à floraison et rendement en grains chez le maïs: importance du rayonnement disponible par plante. *Agronomie* 9: 457-465.

SALINAS, Y. J. 2004. Determinación del rendimiento y calidad nutritiva de la asociación de la avena (*Avena sativa*) con leguminosas Arveja (*Vicia sativa*), Haba (*Vicia faba*) y Tarwi (*Lupinus mutabilis*) en la estación experimental de Belen Achacachi. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. pp. 34.

SAS Institute Inc. 1997. SAS/Stat Software: Changes and enhancements through release 6. 12. Cary, NC.

SATORRE, E. H.; BENECH, R. L.; SLAFER, G.; FUENTE, E. B. de la; MIRALLES, D. J.; OTEGUI, M. R. Y SAVIN, R. 2004. Producción de granos. Facultad de Agronomía de Buenos Aires. Argentina. 783p.

SOPLIN, H. 1981. Conceptos generales involucrados en el secado y/o el almacenaje de semillas. En: Curso internacional Colección, evaluación conservación y utilización de recursos genéticos. Lima, Perú. Centro Informático para la Investigación Agrícola. Universidad Nacional Agrícola La Molina. pp. 98 - 134.

SORIA Y PEÑOLAZA, 1988. Cultivo de quinua. En: Congreso internacional sobre Cultivos Andinos 6º, Quito, Ecuador, INIAP - Estación Experimental Santa Catalina.

SHAW, R. H. y THOM, H. S. C. 1951. On the phonology of field corn, silking to maturity. Agron. J. 43: 541-546.

SLAFER, G. A.; MIRALLES, D. J.; SAVIN, R.; WHITECHURCH, E. M. Y GONZÁLES, G. F. 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del trigo. En: SATORRE, E. H.; BENECH, R. L.; SLAFER, G.; FUENTE, E. B. de la; MIRALLES, D. J.; OTEGUI, M. R. Y SAVIN, R. Producción de granos. Facultad de Agronomía de Buenos Aires. Argentina. pp. 123.- 124.

SPIERTZ, J. H. 1977. The influence of temperature and light intensity of grain growth in relation to the carbohydrate and nitrogen economy of the wheat plant. Neth. J. Agric. Sci. 25, 182 - 197.

TAGLE, M. Y PLANELLA, M. T. 2002. La quinua en la zona central de Chile, supervivencia de una tradición prehispánica. Edit. IKU. Santiago de Chile. 117 p.

TALBERT, L. E.; LANNING, S. P.; MURPHY, R. L. Y MARTIN, J. M. 2000. Grain fill duration in twelve hard red spring wheat crosses - genetic variation and associations with other agronomic traits. Crop Sci. 41: 1390 - 1395.

TAPIA, G. 1976. La Quinoa un cultivo de los Andes altos. Academia de Ciencias de Bolivia. Edit. Don Bosco. La Paz, Bolivia. pp. 64-65.

TAPIA, M., 1979. La Quinoa y la Kañihua. CIID, IICA. Bogota, Colombia. pp. 85.

-----1997. Cultivos andinos subexplotados y su aporte en la alimentación. 2da Edición FAO. Santiago de Chile. pp. 31 – 53.

-----1997. Cultivos Andinos subexplotados. En: FERNANDES, MUJICA, JACOBSEN, MARATHEE, MORON (Eds). 2001 Cultivos andinos. CD versión 1.0. FAO, Santiago de Chile.

TAPIA, E.; MORÓN, C.; AYALA, G. Y FRIES, A. 2001. Valor nutritivo y patrones de consumo En: Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación Quinoa (*Chenopodium*

quinoa Willd.). FERNANDES, MUJICA, JACOBSEN, MARATHEE, MORON (Eds). 2001 Cultivos andinos. CD versión 1.0. FAO, Santiago de Chile.

TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Y BALLE, J. 1980. Efecto del ambiente de producción sobre la calidad de la semilla de soja In: HEBBLETHWAITE, P D. Producción moderna de semillas. Trad. STANHAM, F. Edit. Hemisferio sur. Montevideo, Uruguay. Tomo II, pp 483 - 510.

THORNE, G. N.; FORD, M., A. WATSON, J. 1968. Growth, development and yield of spring wheat in artificial climates. Ann. Bot. 32, 425 - 446.

TITO, L. 1997. Caracterización de las variaciones de almacenamiento y disponibilidad de agua en cinco localidades de la provincia Cercado - Oruro. Tesis de Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. pp. 23 - 24.

TRAPANI, N.; PEREIRA, M.; SADRAS, V. Y HALL, A. 2004. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad del girasol En: SATORRE, E. H., BENECH, R. L., SLAFER, G., FUENTE, E. B. de la, MIRALLES, D. J., OTEGUI, M. R., Y SAVIN, R. Producción de granos. Facultad de Agronomía de Buenos Aires., Argentina 783 p.

VIÑAS, OSCAR. 2000. Exportación de quinua orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd.) de la República de Bolivia. La Paz, Bolivia. 14 p.

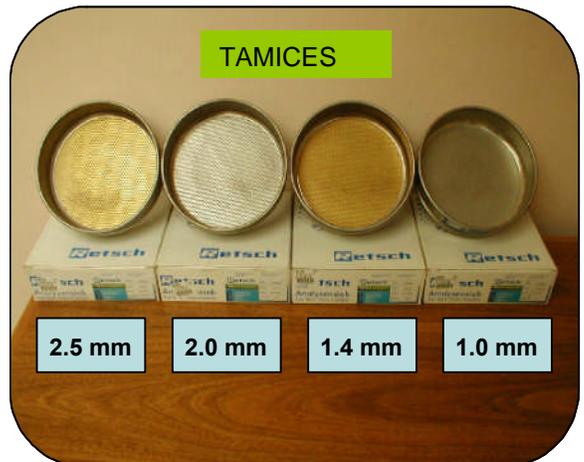
WAHAB, A. Y BURRIS J. 1971. Physiological and chemical differences in low and high quality associated with delayed harvest. Pl. Dis. Repr 58, 130 -133.

WOOD, D.; SCOTT, P. Y LONGDEN P. 1978. Efecto de la temperatura en que se desarrolla la planta madre sobre la calidad de semilla de *Beta vulgaris* L. (Remolacha azucarera). En: HEBBLETHWAITE, P. D. Producción moderna de semillas. Trad. STANHAM, F. Edit. Hemisferio sur. Montevideo, Uruguay. Tomo I: pp 309 - 326.

ZAMBRANA, S. 1982. Respuesta de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a fertilización química en condiciones áridas de Bolivia. En: Tercer congreso Internacional de cultivos Andinos. La Paz, Bolivia. febrero. 1982. pp. 107 -108.

ANEXOS

Fotografías de los materiales



Cuadro 1. Datos climáticos históricos de la E. E. de Belén y Condoriri.

E. E. BELÉN (1986 -2000)

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ANUAL
pp total	6.0	13.3	21.6	36.9	38.7	76.3	102.2	76.5	59.5	24.8	13.4	11.7	480.7*
T media amb.	3.6	5.0	6.7	8.1	8.6	9.0	9.0	9.1	8.9	7.6	5.6	3.9	7.1***
T max. media	13.2	14.0	14.4	15.4	15.6	14.9	14.4	14.6	15.0	15.2	14.6	13.5	14.6***
T min. media	-6.0	-3.8	-1.0	0.8	1.5	3.1	3.6	3.4	2.9	0.0	-3.5	-5.7	-0.4***
T max. abs.	18.0	27.2	20.3	21.8	21.0	20.2	20.0	24.0	24.2	24.0	22.0	19.5	27.2**
T min abs.	-13.0	-13.2	-10.0	-9.0	-7.4	-5.0	-5.0	-2.5	-6.8	-0.5	-12.0	-15.0	-15.0**
H R	57.7	58.8	60.9	62.6	64.3	70.5	73.1	71.7	71.2	66.2	61.0	58.6	64.7***
Heladas	29.0	27.0	18.0	11.0	8.0	3.0	1.0	1.0	3.0	15.0	26.0	28.0	169.0*

CONDORIRI (1963 -1981)

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ANUAL
pp total	4.5	10.2	22.1	26.8	27.7	65.3	83.4	77.9	60.4	15.7	5.3	3.0	402.3*
T media amb.	7.12	8.88	9.35	11.3	11.6	10.9	11.9	11.3	11.6	10.9	8.5	8.9	10.2***

Fuente: SENHAMI 2004, Tito (1997)

*Total anual; ** valor extremo; *** promedio anual

Cuadro 2. Datos climáticos históricos Viacha y Salinas de Garci Mendoza.

VIACHA (1986 - 2000)

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ANUAL
pp total	6.3	15.2	33.4	35.7	53.4	92.8	131.4	97.3	66.3	38.4	15.6	2.6	588.4*
T media amb.	3.8	5.4	7.6	9.3	10.4	10.5	9.8	10.3	10.0	8.7	6.1	3.8	8.0***
T max. media	15.0	16.2	16.8	18.0	18.5	17.6	16.8	17.1	17.1	17.1	16.2	14.8	16.8***
T min. media	-7.4	-5.3	-1.4	0.7	2.3	3.1	3.7	3.7	3.0	0.5	-4.0	-7.3	-0.7***
T max. abs.	20.5	21.6	23.5	23.6	23.2	22.5	22.0	22.6	22.5	22.3	20.6	19.0	23.6**
T min abs.	-17.0	-16.0	-13.0	-11.0	-6.8	-4.0	-3.0	-5.0	-5.6	-11.0	-17.0	-17.0	-17.0**
H R	42.0	44.0	43.0	47.0	47.0	50.0	64.0	61.0	62.0	53.0	46.0	49.0	51.0***
Heladas	30	28	20	12	7	2	1	1	3	13	27	29	172.0*

SALINAS DE GARCÍ MENDOZA (1975 -1985)

	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	ANUAL
T media amb.	3.6	5.4	6.6	9.3	8.0	11.0	12.1	11.5	9.3	8.0	4.9	3.8	7.8***
T max. media	13.4	16.1	15.7	19.5	15.3	19.7	20.7	20.3	16.1	15.9	14.8	13.1	16.7***
T min. media	-7.2	-6.0	-3.3	-1.5	0.7	2.8	3.8	3.1	2.9	-0.1	-5.7	-6.3	-1.41***
Precipitación	0.0	3.4	6.8	2.9	5.0	33.8	111.9	99.6	61.7	4.2	1.8	0.9	332.0*

Fuente: SENHAMI 2004

*Total anual; ** valor extremo; *** promedio anual

Cuadro 3. Temperatura y precipitación, E. E. de Choquenaira (2003 -2004).

	T MIN (°C)	T MAX (°C)	T MEDIA (°C)	PP (mm)	Tmin ext (°C)	Tmax ext (°C)	HELADAS (días)
NOV	1.7	19.9	10.8	15.1	-2.4	30.9	9
DIC	4.6	18.6	11.6	102.2	1.3	23.7	0
ENE	5.6	15.6	10.6	180.6	2.9	23.1	0
FEB	4.4	15.3	9.8	116.9	0.8	18.4	0
MAR	3.3	17.5	10.4	61.2	0.8	25.7	0
ABR	1.4	17.6	9.5	19.4	-2.8	19.6	10

Cuadro 4. Análisis de suelo de los cuatro sitios de estudio.

		SIVINGANI	E. E. CHOQUENAIRA	CEAC CONDORIRI	E. E. BELÉN
	Unidad	(0 a 60 cm)	0 a 40 cm	0 a 30 cm	0 a 25 cm
<i>Granulometría sin decarbonatación</i>					
Arcilla (<2 micrones)	g/kg	55.4	76	102	338
Limo finon (2/20 micrones)	g/kg	52.2	59	131	299
Limo grueso (20/50 micrones)	g/kg	55.8	111	170	187
Arena finan (50/200 micrones)	g/kg	310.9	508	328	133
Arena gruesa (200/2000 micrones)	g/kg	525.7	247	270	43
Arcilla	%	5.5%	7.6%	10.2%	33.8%
Limo	%	10.8%	17.0%	30.0%	48.6%
Arena	%	83.7%	75.5%	59.8%	17.6%
pH		7.2	6.9	7.9	6.4
Calcio total	g/kg	<1	1	2	1
Fósforo P2O5 M.Olsen	g/kg	0.010	0.057	0.011	0.070
Fósforo P	mg/kg	4.3	24.0	5.0	30.0
Capacidad de intercambio cationico M.Metson	Cmol(+)/kg	4.7	5.0	7.7	16.4
Sodio Na2O (acetato de amonio intercambiable)	g/kg	0.039	0.028	0.024	0.113
Sodio Na	g/kg	0.029	0.021	0.018	0.084
Magnesio MgO (acetato de amonio intercambiable)	g/kg	0.188	0.175	0.256	0.762
Magnesio Mg	g/kg	0.113	0.105	0.153	0.457
Potasio K2O (acetato de amonio intercambiable)	g/kg	0.240	0.288	0.220	0.307
Potasio K	g/kg	0.199	0.239	0.183	0.254
<i>Carbono y Nitrógeno según ISO 10694 y 13878</i>					
- carbón orgánico	g/kg	1.512	4.093	4.718	25.172
- materia orgánica	g/kg	2.689	7.050	7.740	43.300
- nitrógeno total	g/kg	0.164	0.518	0.645	2.838
Relación C/N (carbón orgánico / nitrógeno total)		9.140	7.495	7.225	8.827
Conductividad total 1/5(m/v) a 25°C	mS/cm	0.015	0.053	0.050	0.175
<i>nitrógeno mineral</i>					
- nitrógeno nitrato (N - NO3)	mg/kg	1.966	0.35	0.60	1.02
- nitrógeno amoniacal (N - NH4)	mg/kg	0.442	7.89	8.21	47.63
Humedad	g/kg		40	65.5	180.5
Humedad	%		4%	7%	18%

Fuente: INRA: Institute National de Recherches Agronomiques (Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, Francia) - Laboratoire d'Analyses de Sols d'Arras (Laboratorio de Análisis de Suelos, Arras, Francia)

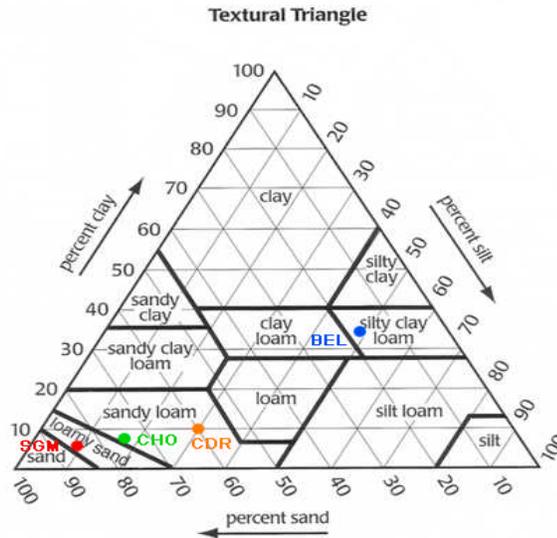


Figura 1. Clase textural de los cuatro sitios de estudio.

Cuadro 5. Temperaturas y precipitación, E. E. de Belén (2003 - 2004).

	T MIN (°C)	T MAX (°C)	T MEDIA (°C)	PP (mm)	Tmin ext (°C)	Tmax ext (°C)	HELADAS (días)
NOV	1.1	18.4	9.8	1.3	-3.4	19.8	7
DIC	4.2	17.4	10.8	59.9	1.4	21.1	0
ENE	5.2	14.3	9.8	112.9	1.2	17.2	0
FEB	3.6	14.8	9.2	95	-2.1	17.9	2
MAR	2.9	16.6	9.8	33.9	-1.4	20.8	2
ABR	1.2	16.7	9.0	20	-3.2	19.1	9
MAY	-0.8	15.8	7.5	3.6	-8.2	18.1	10

Cuadro 6. Temperaturas y precipitación, Ceac-Condoriri (2003 -2004).

	T MIN (°C)	T MAX (°C)	T MEDIA (°C)	PP (mm)	Tmin ext (°C)	Tmax ext (°C)	HELADAS (días)
OCT	0.8	16.3	8.5	32.6	-0.4	16.8	1
NOV	1.1	20.7	10.9	3.8	-5.9	29.2	10
DIC	4.4	20.1	12.2	97.6	-0.8	24.0	3
ENE	5.1	17.1	11.1	142.3	1.2	22.8	0
FEB	3.7	19.8	11.8	43.8	-2.3	24.2	1
MAR	2.9	21.4	12.2	50.1	-0.6	25.9	1
ABR	0.2	22.0	11.1	14.5	-5.1	25.7	13

Cuadro 7. Temperaturas y precipitación, Sivingani (2003 -2004).

	T MIN (°C)	T MAX (°C)	T MEDIA (°C)	PP (mm)	Tmin ext (°C)	Tmax ext (°C)	HELADAS (días)
SEP	-2.6	15.8	6.6	0.0	-11.6	19.4	7
OCT	-0.3	18.5	9.1	0.6	-4.0	22.1	20
NOV	1.4	25.6	13.5	0.4	-3.5	28.7	7
DIC	2.2	26.2	14.2	33.8	-3.4	29.8	9
ENE	5.6	22.6	14.1	92.4	2.5	26.9	0
FEB	3.8	22.7	13.2	78.2	-2.9	25.7	2
MAR	2.7	24.3	13.5	9.7	-1.3	26.7	2
ABR	-0.8	22.0	10.6	2.8	-7.5	25.0	16

Cuadro 8. Días con heladas en los cuatro sitios de estudio.

	CHOQUENAIRA	BELÉN	CONDORIRI	SIVINGANIM
SEP	*	*	*	7
OCT	1	*	1	20
NOV	9	7	10	7
DIC	0	0	3	9
ENE	0	0	0	0
FEB	0	2	1	2
MAR	0	2	1	2
ABR	10	9	13	14
MAY	*	10	*	*
Total	20	30	29	61

Cuadro 9. Heladas y duración, E. E. Choquenaira y Belén.

E. E. de Choquenaira			E. E. de Belén		
FECHA	DURACION Minutos	SUMA heladas ° C	FECHA	DURACIÓN Minutos	SUMA heladas ° C
05/11/2003	130	-10.9	16/11/03	50	-1.4
07/11/2003	10	0	17/11/03	130	-13.9
08/11/2003	60	-1.3	18/11/03	290	-49.8
11/11/2003	20	-0.5	19/11/03	30	-0.8
16/11/2003	20	-0.3	20/11/03	30	-0.4
18/11/2003	60	-8.6	21/11/03	130	-5.9
19/11/2003	90	-5.4	22/11/03	80	-7.4
23/11/2003	80	-2.9	28/2/04	190	-14.7
12/04/2004	50	-2.2	29/2/04	250	-28.4
15/04/2004	50	-2.1	1/3/04	140	-7.7
16/04/2004	40	-0.7	21/3/04	30	-0.8
21/04/2004	170	-19	1/4/04	40	-0.3
22/04/2004	150	-13.7	12/4/04	70	-0.8
23/04/2004	90	-1.7	13/4/04	240	-23.3
24/04/2004	210	-19.6	14/4/04	90	-6.6
26/04/2004	180	-9.8	15/4/04	60	-1.1
28/04/2004	370	-44.2	21/4/04	80	-3.1
29/04/2004	250	-44.5	27/4/04	280	-17.7
			28/4/04	380	-42.1
			29/4/04	440	-73.4
			2/5/04	90	-1.8
			5/5/04	80	-2.6
			6/5/04	400	-81.5
			7/5/04	510	-247.8
			8/5/04	460	-120.3
			9/5/04	480	-151.3
			10/5/04	450	-96.9
			11/5/04	470	-114.6
			12/5/04	580	-195.7
			13/5/04	500	-269.3

Cuadro10. Duración y Sumatoria de heladas, Ceac - Condoriri y Sivingani.

CEAC - CONDORIRI			SIVINGANI		
FECHA	DURACIÓN Minutos	SUMA Heladas °C	FECHA	DURACIÓN Minutos	SUMA Heladas ° C
31/10/2003	70	-1.4	16/11/2003	130	-9.9
04/11/2003	190	-27.3	17/11/2003	140	-25.4
05/11/2003	240	-46.2	18/11/2003	250	-50.4
06/11/2003	50	-1.6	19/11/2003	50	-3.2
15/11/2003	10	0.0	20/11/2003	120	-5.3
16/11/2003	220	-21.1	26/11/2003	80	-1.5
17/11/2003	180	-28.6	27/11/2003	10	-0.2
18/11/2003	270	-80.9	02/12/2003	50	-3.8
20/11/2003	40	-0.3	03/12/2003	260	-47.1
21/11/2003	30	-0.9	04/12/2003	100	-44.2
29/11/2003	50	-1.1	07/12/2003	10	0.0
03/12/2003	20	-0.1	09/12/2003	40	-2.2
05/12/2003	20	-0.1	10/12/2003	40	-1.7
11/12/2003	70	-2.4	11/12/2003	70	-5.4
28/02/2004	160	-18.5	14/12/2003	140	-9.9
07/03/2004	30	-1.5	15/12/2003	130	-14.7
08/04/2004	40	-0.9	16/12/2003	50	-3.8
11/04/2004	10	0.0	24/02/2004	140	-26.7
12/04/2004	60	-2.9	25/02/2004	30	-2.6
13/04/2004	110	-4.8	28/03/2004	60	-2.1
15/04/2004	90	-2.0	29/03/2004	140	-9.3
21/04/2004	360	-74.1	07/04/2004	30	-0.6
22/04/2004	280	-23.1	11/04/2004	100	-10.9
23/04/2004	280	-98.5	13/04/2004	80	-1.7
			15/04/2004	20	-0.5

Cuadro 11. Distribución de frecuencias de heladas (temperaturas iguales y menores a 0° C), en los cuatro sitios.

° C	Sitios			
	Condoriri	Choquenaira	Sivingani	Belén
<0.0> -0.9	218	171	200	242
<-1.0> -1.9	140	126	178	142
<-2.0> -2.9	80	79	90	99
<-3.0> -3.9	61	41	88	95
<-4.0> -4.9	62	53	89	53
<-5.0> -5.9	56	54	84	30
<-6.0> -6.9	32	39	83	22
<-7.0> -7.9	15	15	85	17
<-8.0> -8.9	1	5	50	5
<-9.0> -9.9	0	9	22	0
<-10.0> -10.9	0	4	10	0
<-11.0> -11.9	0	5	0	0
<-12.0	0	2	0	0



Figura 2. Notas (N) de las plantas afectadas por la helada, E. E. de Belén.

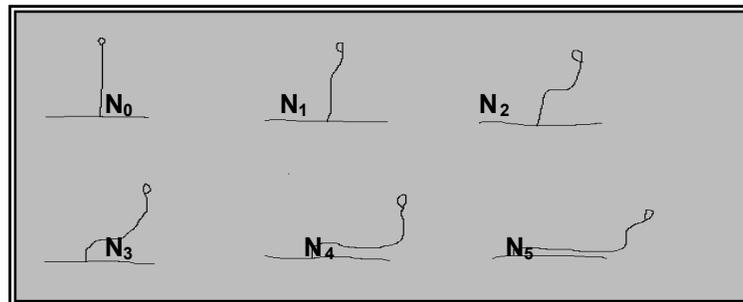


Figura 3. Notas (N) de las plantas afectadas por el granizo, E. E. de Choquenaira.

Cuadro 12. Número de granos en la panoja principal por planta, E. E. de Choquenaira

DDS	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	P
126	1347	1039	1491	1147	1153	1795	780	790	1001	797	1134
133	1233	1166	1611	1146	1767	1855	753	888	1361	1361	1314
147	1781	1691	2452	1424	3140	3397	731	1140	1475	2114	1935
155	2156	1767	2240	1905	3075	3120	1061	1564	2051	1828	2077
169	2543	2122	2787	1843	3501	3376	1458	1640	2263	1924	2346
176	1674	2326	2403	2055	3283	3360	1059	1547	2412	2333	2245

V01: Chucapaca. V02: Surumi. V03: Kamiri. V04: Huganda. V05: Hiwaki. V06: Agro 2000.
V07: Toledo naranja. V08: Real blanca. V09: Toledo rojo. V10: K'ellu. P: Promedio

Cuadro 13. Número y porcentaje de granos clase 1. 2. 3 y 4, E. E. de Choquenaira.

		días después de la siembra	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	P
CLASE 1 (diámetro >2.5 mm)	Nº de granos	126	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
		133	0	5	1	5	11	12	11	14	0	0	6
		147	0	54	24	88	176	167	56	47	5	59	68
		155	0	80	95	114	195	208	75	135	0	88	99
		169	0	111	79	81	357	192	171	180	147	154	147
		176	0	87	41	118	156	192	39	141	1	275	105
	% de granos	126	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0	0
		133	0	0.4	0	0.4	0.7	0.7	1.4	1.4	0	0	0.5
		147	0	3.1	0.9	5.4	6.4	4.9	7.3	3.8	0.1	0.6	3.2
		155	0	4.4	3.8	5.4	5.9	6.4	6.5	8.4	0	1.2	4.2
		169	0	4.8	2.8	4.2	10.1	5.5	12	11.5	1.1	1.8	5.4
		176	0	3.1	1.6	6.1	4.7	5.2	3.5	8.7	0	2.8	3.6

Continuación del cuadro 13													
CLASE 2 (diámetro 2.5 - 2.0 mm)	Nº de granos	126	7	16	56	81	159	155	143	161	4	36	82
		133	32	192	217	268	424	487	237	302	113	145	242
		147	502	866	961	846	1598	1481	315	577	525	966	864
		155	869	1016	1194	1013	1965	1799	563	676	830	1046	1097
		169	1279	1305	1412	1243	2140	2084	746	799	1146	1147	1330
		176	830	1508	1231	1273	2167	1878	535	795	832	1251	1230
	% de granos	126	0.4	1.8	3.3	7.5	13.6	8.7	17.1	20.4	0.3	4.8	7.8
		133	2.9	16	12.6	21.4	25.6	26.2	31.9	31.6	8.4	12.5	18.9
		147	28	50.2	37.9	59.3	50.6	43.8	43	50.6	37	45.7	44.6
		155	41.4	57.2	52.6	52.5	63.4	55.6	51.4	43	40	55.9	51.3
		169	50.8	61.3	51.1	66.4	60	61.1	51	48.5	49.8	58.8	55.9
		176	46.5	63.5	50.1	61.6	65.8	54.3	49.9	50.9	34.9	53.4	53.1
CLASE 3 (diámetro 2.0-1.4 mm)	Nº de granos	126	1010	826	1313	984	912	1382	601	524	742	698	899
		133	961	912	1280	814	1248	1290	470	524	1187	1152	984
		147	1221	747	1412	480	1337	1705	342	489	921	1108	976
		155	1261	655	924	760	897	1094	411	728	1185	741	866
		169	1185	680	1259	500	961	1065	520	630	1050	723	857
		176	803	694	1107	645	930	1249	456	566	1487	986	892
	% de granos	126	74	80.4	88.5	84.3	79.2	76	78.2	65.9	75.5	87.5	79
		133	78.4	78.3	79.4	72.9	69.1	69.2	61.5	61	86.8	82.4	73.9
		147	68.5	45.3	58.9	34.7	42.1	50.1	47.4	43.5	61.1	52.3	50.4
		155	57.4	37.4	42.3	41.1	30.1	37.3	40.8	46.9	58.2	41.4	43.3
		169	45.8	32.7	44.8	28.3	28.7	32.3	35.5	38.1	47.4	38	37.2
		176	50.6	31.5	47.3	31.5	28.5	39.1	43.6	37.4	61.2	42.1	41.3
CLASE 4 (diámetro 1.4 – 1.0 mm)	Nº de granos	126	330	196	122	82	81	258	36	104	255	63	153
		133	240	58	114	58	84	67	34	48	61	64	83
		147	58	24	55	10	29	44	17	27	28	28	32
		155	26	17	27	17	18	19	11	25	36	24	22
		169	79	27	36	19	43	36	21	31	37	23	35
		176	41	37	25	18	29	41	29	44	93	41	40
	% de granos	126	25.5	17.7	8.2	8.1	7.2	15.3	4.8	13.7	24.2	7.7	13.2
		133	18.7	5.2	8	5.2	4.6	3.9	5.2	6.1	4.8	5.1	6.7
		147	3.5	1.5	2.4	0.7	0.9	1.3	2.3	2.1	1.9	1.4	1.8
		155	1.3	1	1.3	1	0.6	0.7	1.4	1.7	1.8	1.6	1.2
		169	3.4	1.3	1.3	1.1	1.2	1.1	1.4	2	1.7	1.4	1.6
		176	2.9	1.8	1	0.8	1	1.4	2.9	3	4	1.7	2.1

V01: Chucapaca. V02: Surumi. V03: Kamiri. V04: Huganda. V05: Hiwaki. V06: Agro 2000.

V07: Toledo naranja. V08: Real blanca. V09: Toledo rojo. V10: K'ellu. P: Promedio

Cuadro 14. Evolución del número y porcentaje de granos clase 1. 2. 3 y 4. Sivingani, Condoriri y E. E. de Belén en la panoja principal por planta.

		SIVINGANI																		
		V01					V02					V03								
DDS		Clase	Clase	Clase	Clase	NG	Clase	Clase	Clase	Clase	NG	Clase	Clase	Clase	Clase	NG	Clase	Clase	Clase	Clase
		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
N°	192	1984	0	502	1465	16	2863	19	1839	961	43	2580	2	1063	1445	70				
	199	1449	0	410	1022	17	2290	20	1591	642	37	2492	8	1285	1166	33				
	213	1982	2	944	1021	16	2786	35	1841	900	10	1964	6	1139	781	39				
%	192		0.0	25.3	73.9	0.8		0.7	64.2	33.6	1.5		0.1	41.2	56.0	2.7				
	199		0.0	28.3	70.5	1.1		0.8	69.5	28.0	1.6		0.3	51.6	46.8	1.3				
	213		0.1	47.6	51.5	0.8		1.3	66.1	32.3	0.4		0.3	58.0	39.8	2.0				
		CEAC - CONDORIRI																		
		V01					V02					V03								
DDS		Clase	Clase	Clase	Clase	NG	Clase	Clase	Clase	Clase	NG	Clase	Clase	Clase	Clase	NG	Clase	Clase	Clase	Clase
		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
N°	139	1830	0	287	1491	52	3318	20	1288	1740	270	2548	0	543	1827	179				
	146	1588	0	347	1220	20	2797	64	970	1696	66	1568	1	415	1091	62				
	152	1190	0	190	981	19	1392	19	536	817	20	1055	0	144	852	58				
	166	1292	0	446	825	21	1692	50	879	727	36	1651	62	769	798	22				
	173	1429	0	376	1020	33	1896	101	1142	639	14	2065	10	713	1285	57				
	181	1334	0	512	799	23	1789	96	1139	520	34	2155	5	588	1513	49				
%	139		0.0	15.7	81.5	2.8		0.6	38.8	52.5	8.1		0.0	21.3	71.7	7.0				
	146		0.0	21.9	76.8	1.3		2.3	34.7	60.7	2.4		0.0	26.5	69.6	3.9				
	152		0.0	15.9	82.4	1.6		1.3	38.5	58.7	1.4		0.0	13.7	80.8	5.5				
	166		0.0	34.5	63.9	1.6		2.9	51.9	43.0	2.1		3.7	46.6	48.3	1.3				
	173		0.0	26.3	71.4	2.3		5.3	60.2	33.7	0.8		0.5	34.5	62.3	2.7				
	181		0.0	38.4	59.9	1.7		5.4	63.7	29.1	1.9		0.3	27.3	70.2	2.3				
		BELÉN																		
		V01					V02					V03								
DDS		Clase	Clase	Clase	Clase	NG	Clase	Clase	Clase	Clase	NG	Clase	Clase	Clase	Clase	NG	Clase	Clase	Clase	Clase
		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4
N°	122	1504	0	0	250	1254	1386	0	17	762	607	1905	0	0	916	989				
	129	3564	0	5	1606	1953	2202	0	171	1615	416	2620	0	60	1953	606				
	143	6256	0	590	5078	589	7398	9	1046	5957	386	9080	50	2664	5998	368				
	150	10120	0	3623	6078	419	5496	264	2163	2977	92	6437	91	2154	3976	217				
	179	7359	52	4739	2342	225	5239	783	3166	1242	48	6118	212	3896	1905	106				
	190	9203	31	4634	4250	287	10550	327	6270	3808	145	7318	929	4885	1410	94				
%	122		0.0	0.0	16.6	83.4		0.0	1.2	54.9	43.8		0.0	0.0	48.1	51.9				
	129		0.0	0.1	45.1	54.8		0.0	7.8	73.3	18.9		0.0	2.3	74.5	23.1				
	143		0.0	9.4	81.2	9.4		0.1	14.1	80.5	5.2		0.6	29.3	66.1	4.0				
	150		0.0	35.8	60.1	4.1		4.8	39.4	54.2	1.7		1.4	33.5	61.8	3.4				
	179		0.7	64.4	31.8	3.1		15.0	60.4	23.7	0.9		3.5	63.7	31.1	1.7				
	190		0.3	50.4	46.2	3.1		3.1	59.4	36.1	1.4		12.7	66.8	19.3	1.3				

V01: Chucapaca. V02: Surumi. V03: Kamiri

Cuadro15. Análisis de varianza para la longitud de panoja y diámetro de la panoja, en los cuatro sitios.

VARIABLE: LONGITUD DE LA PANOJA (cm)						
FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F	
LOC	3	2606.533	868.844	60.49	1.E-04	**
BLO(LOC)	12	172.348	14.362	0.59	0.830	NS
VAR	2	255.355	127.677	5.23	0.013	*
LOC*VAR	6	174.075	29.012	1.19	0.346	NS
Error	24	585.708	24.404			
Total	47	3794.018		CV	16.970	

VARIABLE: DIÁMETRO DE LA PANOJA (cm)						
FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F	
LOC	3	31.424	10.474	39.68	1.E-04	**
BLO(LOC)	12	3.168	0.264	0.89	0.571	NS
VAR	2	1.740	0.870	2.92	0.073	NS
LOC*VAR	6	1.700	0.283	0.95	0.477	NS
Error	24	7.141	0.298			
Total	47	45.173		CV	15.461	

Cuadro 16. Análisis de varianza y ANVA de efectos simples para el porcentaje de materia seca de los glomérulos.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F		FV	GL	SC	CM	FC	FT0.05	FT0.01	
LOC	3	6740.41	2246.80	49.8	1E-04	**	V(CHOQ)	2	16.47	8.24	0.77	3.4	5.61	NS
BLO(LOC)	12	541.42	45.12	4.23	0.001	**	V(CEAC)	2	12.56	6.28	0.59	3.4	5.61	NS
VAR	2	127.37	63.69	5.98	0.008	**	V(SGM)	2	599.28	299.64	28.12	3.4	5.61	**
LOC*VAR	6	500.26	83.38	7.83	1E-04	**	V(BELEN)	2	0.15	0.08	0.01	3.4	5.61	NS
Error	24	255.70	10.65				L(V1)	3	3108.87	1036.29	97.27	3.01	4.72	**
Total	47	8165.16		CV	3.92		L(V2)	3	935.26	311.75	29.261	3.01	4.72	**
							L(V3)	3	3199.28	1066.43	100.09	3.01	4.72	**
							ERROR	24	255.70	10.65				

Cuadro 17. Análisis de varianza para el Peso de grano y Peso específico.

VARIABLE: PESO DE GRANO SECO (g/panoja)						
FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F	
LOC	3	4264.68	1421.6	208	1E-04	**
BLO(LOC)	12	82.028	6.836	0.72	0.721	NS
VAR	2	105.607	52.803	5.54	0.011	*
LOC*VAR	6	121.752	20.292	2.13	0.087	NS
Error	24	228.615	9.526			
Total	47	4802.68		CV	24.47	

VARIABLE: PESO ESPECIFICO DE LOS GRANOS (g/cc)						
FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F	
LOC	3	0.026	0.009	5.29	0.015	*
BLO(LOC)	12	0.02	0.002	1.03	0.452	NS
VAR	2	0.003	0.002	1.08	0.357	NS
LOC*VAR	6	0.004	0.001	0.42	0.859	NS
Error	24	0.038	0.002			
Total	47	0.091		CV	6.149	

Cuadro 18. Análisis de varianza y ANVA de efectos simples para el Número de granos (NG/panoja), de los cuatros sitios.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F		FV	GL	SC	CM	FC	FT0.05	FT0.01	
LOC	3	4E+08	1E+08	184	1E-04	**	V(CHOQ)	2	1E+06	642801	1.0	3.4	5.61	NS
BLO(LOC)	12	9E+06	773064	1.04	0.449	NS	V(CEAC)	2	763635	381818	1.0	3.4	5.61	NS
VAR	2	6E+06	3E+06	4.04	0.031	*	V(SGM)	2	2E+06	881620	1.0	3.4	5.61	NS
LOC*VAR	6	2E+07	3E+06	4.22	0.005	**	V(BELEN)	2	2E+07	1E+07	14	3.4	5.61	**
Error	24	2E+07	745172				L(V1)	3	2E+08	5E+07	71	3.01	4.72	**
Total	47	5E+08		CV	22.38		L(V2)	3	2E+08	7E+07	93	3.01	4.72	**
							L(V3)	3	8E+07	3E+07	35	3.01	4.72	**
							ERROR	24	2E+07	745172				

Cuadro 19. Análisis de varianza y ANVA para efectos simples para el porcentaje del NG de clase 1 (> 2.5 mm) por panoja.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F		FV	GL	SC	CM	FC	FT0.05	FT0.01	
LOC	3	165.52	55.174	83.4	1.E-04	**	V(CHOQ)	2	18.952	9.476	13.207	3.4	5.61	**
BLO(LOC)	12	7.939	0.662	0.9	0.54	NS	V(CEAC)	2	48.308	24.154	33.664	3.4	5.61	**
VAR	2	114.53	57.266	79.8	1.E-04	**	V(SGM)	2	3.289	1.645	2.292	3.4	5.61	NS
LOC*VAR	6	292.16	48.693	67.8	1.E-04	**	V(BELEN)	2	336.14	168.07	234.25	3.4	5.61	**
Error	24	17.226	0.718				L(V1)	3	0.306	0.102	0.142	3.01	4.72	NS
Total	47	597.38		CV	37.70		L(V2)	3	20.06	6.687	9.319	3.01	4.72	**
							L(V3)	3	437.32	145.77	203.17	3.01	4.72	**
							ERROR	24	17.22	0.718				

Cuadro 20. Análisis de varianza y ANVA para efectos simples para el porcentaje del NG de clase 2 (2.5 - 2.0 mm) por panoja.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F		FV	GL	SC	CM	FC	FT0.05	FT0.01	
LOC	3	1307.7	435.88	9.92	1.E-04	**	V(CHOQ)	2	646.84	323.42	7.362	3.4	5.61	**
BLO(LOC)	12	696.93	58.078	1.32	0.27	NS	V(CEAC)	2	2511.3	1255.7	28.583	3.4	5.61	**
VAR	2	2757.6	1378.8	31.4	2.E-04	**	V(SGM)	2	952.85	476.42	10.845	3.4	5.61	**
LOC*VAR	6	1892.8	315.46	7.18	2.E-04	**	V(BELEN)	2	539.31	269.65	6.138	3.4	5.61	**
Error	24	1054.3	43.931				L(V1)	3	256.93	85.643	1.949	3.01	4.72	NS
Total	47	7709.3		CV	12.48		L(V2)	3	84.576	28.192	0.642	3.01	4.72	NS
							L(V3)	3	2858.9	952.97	21.692	3.01	4.72	**
							ERROR	24	1054.3	43.931				

Cuadro 21. Análisis de varianza y ANVA para efectos simples para el porcentaje del NG de clase 3 (2.0 - 1.4 mm), de los cuatros sitios.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F		FV	GL	SC	CM	FC	FT0.05	FT0.01	
LOC	3	2000.1	666.7	13.6	4.E-04	**	V(CHOQ)	2	830.35	415.18	10.85	3.4	5.61	**
BLO(LOC)	12	587.37	48.948	1.28	0.29	NS	V(CEAC)	2	3137.2	1568.6	40.992	3.4	5.61	**
VAR	2	3277.8	1638.9	42.8	1.E-04	**	V(SGM)	2	1015.2	507.6	13.265	3.4	5.61	**
LOC*VAR	6	3183.6	530.6	13.9	1.E-04	**	V(BELEN)	2	1478.7	739.34	19.321	3.4	5.61	**
Error	24	918.38	38.266				L(V1)	3	383.38	127.79	3.34	3.01	4.72	*
Total	47	9967.2		CV	14.38		L(V2)	3	87.298	29.099	0.76	3.01	4.72	NS
							L(V3)	3	4713	1571	41.055	3.01	4.72	**
							ERROR	24	918.38	38.266				

Cuadro 22. Análisis de varianza y ANVA para efectos simples para el porcentaje del NG de clase 4 (1.4 - 1.0 mm) por panoja.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr > F		FV	GL	SC	CM	FC	FT0.05	FT0.01	
LOC	3	5.905	1.968	0.59	0.631	**	V(CHOQ)	2	7.26	3.63	5.661	3.4	5.61	**
BLO(LOC)	12	39.746	3.312	5.16	3.E-04	NS	V(CEAC)	2	1.297	0.649	1.012	3.4	5.61	NS
VAR	2	5.975	2.988	4.66	0.02	**	V(SGM)	2	5.659	2.83	4.413	3.4	5.61	*
LOC*VAR	6	16.754	2.792	4.35	0.004	**	V(BELEN)	2	8.513	4.256	6.638	3.4	5.61	**
Error	24	15.392	0.641				L(V1)	3	14.314	4.771	7.441	3.01	4.72	**
Total	47	83.772			48.83		L(V2)	3	5.125	1.708	2.664	3.01	4.72	NS
							L(V3)	3	3.22	1.073	1.674	3.01	4.72	NS
							ERROR	24	15.39	0.641				

Cuadro 23. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación y longitud radicular a 25° y 20° C.

Porcentaje de germinación a 20° C a las 48 horas.							Longitud radicular (cm.) a 20° C a las 48 horas.						
FV	GL	SC	CM	F	P		FV	GL	SC	CM	F	P	
Loc	3	0.76	0.25	1.92	0.15	NS	Loc	3	0.56	0.19	1.42	0.26	NS
Blo(Loc)	12	1.58	0.13	1.00	0.48	NS	Blo(Loc)	12	2.08	0.17	1.32	0.27	NS
Var	2	0.06	0.03	0.25	0.78	NS	Var	2	0.12	0.06	0.47	0.63	NS
Loc*Var	6	1.19	0.2	1.5	0.22	NS	Loc*Var	6	1.37	0.23	1.74	0.16	NS
Error	24	3.17	0.13				Error	24	3.17	0.13			
Total	47	6.77		CV	0.36		Total	47	7.31		CV	4.94	
Porcentaje de germinación a 25° C a las 48 horas.							Longitud radicular (cm.) a 25° C a las 48 horas.						
FV	GL	SC	CM	F	P		FV	GL	SC	CM	F	P	
Loc	3	0.12	0.04	0.44	0.47	NS	Loc	3	0.24	0.08	1.0	0.54	NS
Blo(Loc)	12	1.12	0.09	2.1	0.06	NS	Blo(Loc)	9	0.93	0.08	0.7	0.73	NS
Var	2	0.11	0.06	1.26	0.30	NS	Var	2	0.04	0.02	0.17	0.84	NS
Loc*Var	6	0.59	0.099	2.23	0.07	NS	Loc*Var	18	0.032	0.005	0.05	1.00	NS
Error	24	1.07	0.04				Error	87	2.64	0.11			
Total	47	3.01		CV	0.37		Total	119	3.88		CV	5.28	

Cuadro 24. Regresión y correlación del NG de las clases 1, 3 y 4 con la precipitación y temperaturas de los cuatro sitios.

	E. E. de Choquenaira		
	Clase 1 (>2.5 mm)	Clase 3 (2.5-2.0 mm)	Clase 4(1.4-1.0 mm)
pp. (mm)	$y = 1.42x - 635.9$ $R^2 = 0.92$ $R = 0.96$	$y = -0.08x^2 + 71.9x - 16119$ $R^2 = 0.64$ $R = -0.80$	$y = -1.31x + 700.5$ $R^2 = 0.75$ $R = -0.87$
Tmin (°C)	$y = -170.4x + 708.4$ $R^2 = 0.33$ $R = -0.57$	$y = 125.22x + 432.92$ $R^2 = 0.14$ $R = 0.37$	$y = 136.74x - 458.5$ $R^2 = 0.21$ $R = 0.46$
Tmax (°C)	$y = -998.8x + 17567$ $R^2 = 0.39$ $R = -0.63$	$y = 687.9x + 11145$ $R^2 = 0.15$ $R = 0.39$	$y = 666.8x - 11262$ $R^2 = 0.17$ $R = 0.41$
Tmed (°C)	$y = -357.7x + 3875.3$ $R^2 = 0.41$ $R = -0.64$	$y = 260x - 1860$ $R^2 = 0.18$ $R = 0.42$	$y = 278.8x - 2911.6$ $R^2 = 0.24$ $R = 0.5$
	E. E. de Belen		
pp. (mm)	$y = 8.42x - 2529.5$ $R^2 = 0.84$ $R = 0.92$	$y = -5.9x^2 - 3801x - 605307$ $R^2 = 0.9$ $R = -0.95$	$y = 16.7x + 6129$ $R^2 = 0.88$ $R = -0.94$
Tmin (°C)	$y = -367.8x + 1261.4$ $R^2 = 0.93$ $R = -0.96$	$y = -75.2x - 3147$ $R^2 = 4^{-3}$ $R = -0.02$	$y = 516.4x - 1316$ $R^2 = 0.48$ $R = 0.69$
Tmax (°C)	$y = 1931x + 31003$ $R^2 = 0.3$ $R = 0.55$	$y = 14886x + 237237$ $R^2 = 0.2$ $R = 0.45$	$y = -5060x + 82114$ $R^2 = 0.5$ $R = -0.70$
Tmed (°C)	$y = -744.4x - 7399$ $R^2 = 0.9$ $R = -0.95$	$y = 195.1x + 996.8$ $R^2 = 6^{-3}$ $R = 0.024$	$y = 1036x - 9592.3$ $R^2 = 0.41$ $R = 0.64$
	Ceac - Condoriri		
pp. (mm)	$y = 0.69x - 228.4$ $R^2 = 0.46$ $R = 0.68$	$y = -20.7x + 8663$ $R^2 = 0.76$ $R = -0.87$	$y = -2.88x + 1114.8$ $R^2 = 0.5$ $R = -0.77$
Tmin (°C)	$y = -65.3x + 239.2$ $R^2 = 0.47$ $R = -0.69$	$y = 1108X - 2555$ $R^2 = 0.25$ $R = 0.50$	$y = 162.2x - 477.9$ $R^2 = 0.21$ $R = 0.46$
Tmax (°C)	$y = 59.6x + 1156$ $R^2 = 0.77$ $R = 0.88$	$y = -1217.7X + 25209$ $R^2 = 0.58$ $R = -0.76$	$y = -181.9x - 3657.7$ $R^2 = 0.52$ $R = -0.73$
Tmed (°C)	$y = 182.9X - 2088.3$ $R^2 = 0.51$ $R = 0.71$	$y = -4594.9X + 54165$ $R^2 = 0.58$ $R = -0.76$	$y = -697.04X + 8107$ $R^2 = 0.53$ $R = -0.73$
	Sivingani		
pp (mm)	$y = 1.66x - 349.6$ $R^2 = 0.56$ $R = 0.75$	$y = -131.6x + 29590$ $R^2 = 0.99$ $R = -0.99$	$Y = -6.5x + 1430$ $R^2 = 0.88$ $R = -0.94$
Tmin (°C)	$y = -23.4x + 83.4$ $R^2 = 0.99$ $R = -0.99$	$y = 1057X - 2260$ $R^2 = 0.57$ $R = 0.75$	$y = 64.8x - 171.4$ $R^2 = 0.79$ $R = 0.89$
Tmax (°C)	$y = -86.3x + 2088$ $R^2 = 0.99$ $R = -0.99$	$y = 4249X - 101216$ $R^2 = 0.68$ $R = 0.82$	$y = 251x - 6000.2$ $R^2 = 0.88$ $R = 0.94$
Tmed (°C)	$y = -36.9X + 512.2$ $R^2 = 0.99$ $R = -0.99$	$y = 1669.2x - 22066$ $R^2 = 0.59$ $R = 0.77$	$y = 103.3x - 1374$ $R^2 = 0.81$ $R = 0.90$

pp. (Precipitación)

Cuadro 25. Análisis de varianza para el porcentaje de MS de los glomérulos y el peso de grano seco (g), E. E. de Choquenaira.

Porcentaje de MS de los glomérulos							Peso de grano seco (g)						
126 DDS							126 DDS						
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F		F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	
Bloq	3	14.16	4.72	0.98	0.40	NS	Bloq	3	0.11	0.04	0.47	0.7	NS
Var (V)	9	71.18	7.91	1.65	0.11	NS	Var (V)	9	6.07	0.67	8.75	3.E-04	**
Pos (P)	2	43.47	21.73	4.53	0.01	*	Pos (P)	2	5.61	2.8	36.4	2.E-04	**
V*P	18	37.2	2.07	0.43	0.98	NS	V*P	18	0.36	0.02	0.26	1.0	NS
Error	87	417.59	5.19				Error	87	6.7	0.08			
Total	119	583.6		C V	11.32		Total	119	18.9		C V	15.08	
155 DDS							155 DDS						
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F		F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	
Bloq	3	384.23	128.1	2.63	0.06	NS	Bloq	3	7.51	2.5	6.46	1.E-04	**
Var (V)	9	9163.1	1018	20.9	1.E-04	**	Var (V)	9	40.2	4.47	11.5	2.E-04	**
Pos (P)	2	1987.6	993.8	20.4	1.E-04	**	Pos (P)	2	15.4	7.72	18.9	1.E-03	**
V*P	18	84.95	4.719	0.1	1.00	NS	V*P	18	1.42	0.08	0.2	1	NS
Error	87	4244.5	48.79				Error	87	33.8	0.39			
Total	119	15864		C V	14.80		Total	119	98.3		CV	18.70	
176 DDS							176 DDS						
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F		F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	
Bloq	3	36.758	12.25	2.77	0.05	*	Bloq	3	3.59	1.2	2.63	0.06	NS
Var (V)	9	182.18	20.24	4.57	1.E-04	**	Var (V)	9	45.6	5.07	11.1	1.E-04	**
Pos (P)	2	36.067	18.03	4.07	0.02	*	Pos (P)	2	32.6	16.3	35.9	1.E-04	**
V*P	18	39.1	2.172	0.49	0.96	NS	V*P	18	1.63	0.09	0.2	1.0	NS
Error	87	385.49	4.431				Error	87	39.6	0.45			
Total	119	679.59		C V	2.38		Total	119	123		CV	18.99	

Cuadro 26. Análisis de varianza para el peso específico de los granos (g/cc) y el Número de granos, E. E. de Choquenaira.

Peso específico de los granos (g/cc)							Número de grano (NG)						
126 DDS							126 DDS						
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F		F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	
Bloq	3	0.008	0.003	1.5	0.234	NS	Bloque	3	168.7	56.233	0.68	0.569	NS
Var (V)	9	0.119	0.013	7.4	1.E-04	**	Var. (V)	9	4366.2	485.13	5.83	1.E-04	**
Pos (P)	2	0.044	0.022	12	1.E-04	**	Pos. (P)	2	3555.7	1777.8	21.37	1.E-04	**
V*P	18	0.009	0.001	0.3	0.998	NS	V * P	18	534.85	29.714	0.36	0.992	NS
Error	87	0.155	0.002				Error	87	7238.3	83.199			
Total	119	0.335		CV	8.00		Total	119	15864		CV	21.70	
155 DDS							155 DDS						
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F		F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	
Bloq	3	0.03	0.01	9.1	1.E-04	**	Bloque	3	2954.1	984.7	8.09	1.E-04	**
Var (V)	9	0.041	0.005	4.2	2.E-04	**	Var. (V)	9	9364.3	1040.5	8.54	1.E-04	**
Pos (P)	2	0.006	0.003	2.6	0.08	NS	Pos. (P)	2	4481	2240.5	18.4	1.E-04	**
V*P	18	0.023	0.001	1.2	0.31	NS	V * P	18	480.45	26.7	0.22	1.00	NS
Error	87	0.096	0.001				Error	87	10596	121.8			
Total	119	0.196		CV	5.50		Total	119	27875		CV	17.10	
176 DDS							176 DDS						
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F		F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F	
Bloq	3	0.006	0.002	3	0.036	*	Bloque	3	1551.9	517.28	3.93	0.011	*
Var (V)	9	0.055	0.006	8.5	1.E-04	**	Var. (V)	9	10629	1181	8.97	1.E-04	**
Pos (P)	2	0.004	0.002	2.7	0.075	NS	Pos. (P)	2	8545	4272.5	32.4	1.E-04	**
V*P	18	0.008	4.E-04	0.6	0.886	NS	V * P	18	683.44	37.969	0.29	0.998	NS
Error	87	0.064	0.001				Error	87	11459	131.71			
Total	119	0.136		CV	4.41		Total	119	32869		CV	19.49	

Cuadro 27. Análisis de varianza para el porcentaje del NG de clase 1 (diámetro >2.5mm). y clase 2 (diámetro 2.5 – 2.0 mm), E. E. de Choquenaira.

Porcentaje del NG de clase 1							Porcentaje del NG de clase 2						
126 días después de la siembra							126 días después de la siembra						
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F		FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
BLO	3	4.E-05	1.E-05	1.7	0.17	NS	BLO	3	0.19	0.064	0.6	0.619	NS
VAR	9	7.E-05	8.E-06	1.0	0.45	NS	VAR	9	13.47	1.497	14	1E-04	**
POS	2	3.E-05	1.E-05	1.7	0.18	NS	POS	2	1.45	0.723	6.74	0.002	**
VAR*POS	18	1.E-04	6.E-06	0.8	0.69	NS	VAR*POS	18	0.69	0.038	0.36	0.992	NS
Error	87	7.E-04	8.E-06				Error	87	9.34	0.107			
Total	119	1.E-03		CV	0.24		Total	119	25.132		CV	11.93	
155 días después de la siembra							155 días después de la siembra						
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F		FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
BLO	3	0.076	0.025	2.8	0.042	*	BLO	3	66.8	22.3	0.40	0.752	NS
VAR	9	0.810	0.090	10.1	1.E-04	**	VAR	9	6220.1	691.1	12.5	1E-04	**
POS	2	0.085	0.043	4.8	0.011	*	POS	2	877.9	439.0	7.92	7E-04	**
VAR*POS	18	0.113	0.006	0.7	0.800	NS	VAR*POS	18	830.5	46.1	0.83	0.658	NS
Error	87	0.779	0.009				Error	87	4820.4	55.4			
Total	119	1.864		CV	8.43		Total	119	12815.8		CV	14.67	
176 días después de la siembra							176 días después de la siembra						
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F		FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
BLO	3	0.066	0.022	3.03	0.034	*	BLO	3	328.25	109.4	1.41	0.247	NS
VAR	9	0.662	0.074	10.2	1E-04	**	VAR	9	9843.51	1094	14.1	1E-04	**
POS	2	0.146	0.073	10.1	1E-04	**	POS	2	796.39	398.2	5.11	0.008	**
VAR*POS	18	0.123	0.007	0.95	0.526	NS	VAR*POS	18	1447.69	80.43	1.03	0.433	NS
Error	87	0.627	0.007				Error	87	6773.86	77.86			
Total	119	1.623		CV	7.66		Total	119	19190		CV	16.92	

Cuadro 28. Análisis de varianza para el porcentaje de NG de clase 3 (diámetro 2.0-1.4 mm) y clase 4 (1.4 – 1.0 mm), E. E. de Choquenaira.

Porcentaje del NG de clase 3							Porcentaje del NG de clase 4						
126 días después de la siembra							126 días después de la siembra						
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F		FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
BLO	3	954.96	318.32	2.34	0.08	NS	BLO	3	0.284	0.095	3.65	0.016	*
VAR	9	4252.19	472.47	3.48	1.E-03	**	VAR	9	1.499	0.167	6.42	1.E-04	**
POS	2	527.79	263.89	1.94	0.15	NS	POS	2	0.217	0.108	4.18	0.02	*
VAR*POS	18	1571.13	87.29	0.64	0.86	NS	VAR*POS	18	0.388	0.022	0.83	0.66	NS
Error	87	11828.41	135.96				Error	87	2.256	0.026			
Total	119	19134.49		CV	14.85		Total	119	4.644		cv	12.12	
155 días después de la siembra							155 días después de la siembra						
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F		FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
BLO	3	82.57	27.52	0.32	0.81	NS	BLO	3	0.022	0.007	2.84	0.042	*
VAR	9	8434.28	937.14	10.88	1.E-04	**	VAR	9	0.058	0.006	2.48	0.014	*
POS	2	1511.88	755.94	8.78	3.E-04	**	POS	2	0.007	0.004	1.37	0.260	NS
VAR*POS	18	542.07	30.12	0.35	0.99	NS	VAR*POS	18	0.016	0.001	0.34	0.994	NS
Error	87	7490.71	86.10				Error	87	0.228	0.003			
Total	119	18061.51		CV	21.08		Total	119	0.332		cv	4.91	
176 días después de la siembra							176 días después de la siembra						
FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F		FV	GL	SC	CM	Fc	Pr > F	
BLO	3	244.303	81.43	0.98	0.407	NS	BLO	3	0.011	0.004	0.69	0.559	NS
VAR	9	11190.8	1243	14.9	1.E-04	**	VAR	9	0.246	0.027	5.20	1.E-04	**
POS	2	1272.36	636.2	7.64	0.001	**	POS	2	0.041	0.020	3.86	0.025	*
VAR*POS	18	997.088	55.39	0.66	0.836	NS	VAR*POS	18	0.080	0.004	0.84	0.648	NS
Error	87	7248.53	83.32				Error	87	0.457	0.005			
Total	119	20953.1		CV	21.56		Total	119	0.833		cv	6.69	