



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA

TEMA:

**“ESTUDIO DE LA ACCIÓN FUERTEMENTE QUELANTE
DEL ÁCIDO FÍTICO COMO FACTOR ANTINUTRICIONAL
EN GRANOS ANDINOS Y SU INCIDENCIA EN LA BAJA
BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES.”**

Trabajo de graduación, modalidad Sistema Tutorial, presentado como requisito previo a la obtención del Título de Ingeniera Bioquímica, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Autora: María Belén Riera Sánchez

Tutor: Ing. Juan Ramos

Ambato-Ecuador

2011

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor de investigación sobre el tema:

“ESTUDIO DE LA ACCIÓN FUERTEMENTE QUELANTE DEL ÁCIDO FÍTICO COMO FACTOR ANTINUTRICIONAL EN GRANOS ANDINOS Y SU INCIDENCIA EN LA BAJA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES”, por María Belén Riera Sánchez, EGRESADA de la carrera de Ingeniera Bioquímica, de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, certifico que el trabajo fue realizado por la persona indicada y considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ambato,

EL TUTOR

.....

Ing. Juan Ramos

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación: “ESTUDIO DE LA ACCIÓN FUERTEMENTE QUELANTE DEL ÁCIDO FÍTICO COMO FACTOR ANTINUTRICIONAL EN GRANOS ANDINOS Y SU INCIDENCIA EN LA BAJA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato,

.....

María Belén Riera Sánchez

CI: 050220684-0

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal Calificador, de conformidad con las disposiciones reglamentarias vigentes en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, aprueban el presente trabajo de investigación bajo el tema: “ESTUDIO DE LA ACCIÓN FUERTEMENTE QUELANTE DEL ÁCIDO FÍTICO COMO FACTOR ANTINUTRICIONAL EN GRANOS ANDINOS Y SU INCIDENCIA EN LA BAJA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES”,

Ambato,

Para constancia firman:

.....

Ing. Romel Rivera

.....

Ing. Mario Manjarrez

.....

Ing. Mayra Paredes

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia por ser incondicional en esos momentos que más los necesitaba por su paciencia y entrega, para ustedes mis más grandes amores papi Jaime y mami Marcia por ser ejemplo de lucha y fortaleza, a mis hermanos que son como mis hijos Cesítar y Moi por que al llegar a mi vida la llenaron de locuras y travesuras los amo.

A mis abuelitas, primos, primas, tíos, tías gracias por estar a mi lado desde que era una niña.

María Belén Riera Sánchez

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi agradecimiento:

Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica, por su formación y preparación académica; particularmente al Ing. Juan Ramos, Tutor del trabajo de investigación, por su aporte, paciencia y sugerencia, quien permitió culminar con éxito este trabajo.

Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigación Agropecuarias INIAP, en especial al Departamento de Nutrición y Calidad y al Programa Nacional de Granos Andinos por la oportunidad y confianza brindada.

Ing. Elena Villacrés (Directora del proyecto), por sus conocimientos, recomendaciones y acertadas opiniones brindadas durante todo el trabajo de investigación y sobre todo por ser guía constante en la ejecución del proyecto.

Ing. Marco Rivera, Ing. Luis Egas, Ing. Carmita, Ing. Wlady, Don Luchito, técnicos del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas; quienes apoyaron este proyecto en especial por brindarme su ayuda y amistad.

A todos los amigos (as) quienes con una sonrisa supieron contagiarme su alegría: Ferchis, Samba, Lore, Chio, Pame, Fers, Danny, Joha (las salvajitas), Paty, Lili (amiga inseparable)
Gracias

Sin olvidarme de mi Don Segu, por su buen humor siempre en los pasillos de la U.

Primos por que con ustedes comparti mi vida, brindándome cariño y locura: Mona, Meche, Joseline, Vini, Isra, Celena Dari, Karito, Alex.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS.....	xv
RESUMEN EJECUTIVO.....	xviii

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN	1
1.2.1. ANÁLISIS CRÍTICO	4
1.2.3. PROGNOSIS	5
1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES	6
1.2.6. DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN	6
1.3. JUSTIFICACIÓN	7

1.4. OBJETIVOS.....	8
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	9
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	10
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	12
2.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO- TÉCNICA.....	15
2.5. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	36
2.6. HIPÓTESIS.....	37
2.6.1. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	37
2.7. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	45
2.8. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	45

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.2. MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN.....	53
3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	54
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	54
3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	56
3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	58
3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	58

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	59
--	----

4.1.1. DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD DEL CONTENIDO DE ÁCIDO FÍTICO EN LÍNEAS AVANZADAS Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE.	59
4.1.2. EFECTO DE ALGUNOS PROCESOS SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO FÍTICO, EN LÍNEAS AVANZADAS Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE.	61
4.1.3. DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES EN GRANOS ANDINOS EN ESTADO CRUDO Y PROCESADO (COCCIÓN).....	64
4.1.4. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD PROTEICA, EN LÍNEAS O/VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE PROCESADO (COCCIÓN) Y NO PROCESADO (CRUDO).....	82
4.1.5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LISINA DISPONIBLE EN LÍNEAS Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE PROCESADO (COCCIÓN) Y NO PROCESADO (CRUDO).....	86
4.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	89

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	90
5.2 RECOMENDACIONES	92

CAPITULO VII

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS.....	93
6.1.1. TITULO.	93
6.1.2. UNIDAD EJECUTORA.....	93
6.1.3. BENEFICIARIOS.....	93
6.1.4. DIRECTORES DEL PROYECTO	93
6.1.5. PERSONAL OPERATIVO	94
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	94

6.3. JUSTIFICACIÓN.....	95
6.4. OBJETIVOS.....	95
6.4.1. GENERAL.....	95
6.4.2. ESPECÍFICOS.....	95
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	96
6.6. FUNDAMENTACIÓN.....	96
6.7. METODOLOGÍA (MODELO OPERATIVO).....	100
6.8. ADMINISTRACIÓN.....	101
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	102

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO A

ANEXO B

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Digestibilidad proteica en muestras Crudas y procesadas	84
Tabla 2.- Lisina disponible granos andinos (chocho, amaranto, sangorache, quinua)	87
Tabla 3. Contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de quinua en estado crudo.....	110
Tabla 4.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico en quinua en estado crudo.	110
Tabla 5. Contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de amaranto en estado crudo.....	110
Tabla 6.-Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico en amaranto en estado crudo	111
Tabla 7. Contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de chocho en estado crudo.....	111
Tabla 8.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico en chocho crudo.....	111
Tabla 9.- Prueba Tukey para el contenido de ácido fítico en chocho en estado crudo.....	112
Tabla 10. Contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de Sangorache en estado crudo.....	112
Tabla 11.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico en sangorache en estado crudo	112
Tabla 12. Determinación de ácido fítico en el grano de quinua cocida.....	113
Tabla 13. Determinación de ácido fítico en el grano de quinua tostado.....	114
Tabla 14. Determinación de ácido fítico en el grano de quinua frito.	114
Tabla 15.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico de la quinua procesada.	114
Tabla 16.- Prueba Tukey para el contenido se ácido fítico de la quinua procesada.....	115
Tabla 17. Determinación de ácido fítico en el grano de amaranto cocido.	115
Tabla 18. Determinación de ácido fítico en el grano de amaranto tostado.....	115
Tabla 19. Determinación de ácido fítico en el grano de amaranto frito.	116
Tabla 20.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico de amaranto procesado	116
Tabla 21.- Prueba Tukey para el contenido de ácido fítico de amaranto procesado.	116
Tabla 22. Determinación de ácido fítico en el grano de chocho cocido.....	117
Tabla 23. Determinación de ácido fítico en el grano de chocho tostado.....	117
Tabla 24. Determinación de ácido fítico en el grano de chocho frito.....	118
Tabla 25.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico de chocho procesado.	119
Tabla 26.- Prueba Tukey para el contenido para el contenido de ácido fítico de chocho procesado. .	119
Tabla 27. Determinación de ácido fítico en el grano de sangorache cocido.	119
Tabla 28. Determinación de ácido fítico en el grano de sangorache tostado.	120
Tabla 29. Determinación de ácido fítico en el grano de sangorache frito.....	120
Tabla 30.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico de sangorache procesado.	121
Tabla 31.- Prueba Tukey para el contenido de ácido fítico de sangorache procesado.	121
Tabla 32.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en quinua cruda	122
Tabla 33.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en quinua procesada	122
Tabla 34.- Análisis de varianza para la biodisponibilidad de calcio en quinua cruda y procesada.....	122
Tabla 35.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de calcio en quinua cruda y procesada.....	123
Tabla 36.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de fósforo en quinua cruda y procesada. .	123
Tabla 37.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de magnesio en quinua cruda y procesada.	123
Tabla 38.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de magnesio en quinua cruda y procesada.	123
Tabla 39.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de potasio en quinua cruda y procesada. .	124
Tabla 40.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de potasio en quinua cruda y procesada.....	124
Tabla 41.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de sodio en quinua cruda y procesada.....	124
Tabla 42.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de sodio en quinua cruda y procesada.....	124
Tabla 43.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de cobre en quinua cruda y procesada.....	125
Tabla 44.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de cobre en quinua cruda y procesada.....	125

Tabla 45.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de hierro en quinua cruda y procesada. ...	125
Tabla 46.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de hierro en quinua cruda y procesada.	125
Tabla 47.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de manganeso en quinua cruda y procesada.	126
Tabla 48.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de manganeso en quinua cruda y procesada.....	126
Tabla 49.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de zinc en quinua cruda a y procesada. ...	126
Tabla 50.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de zinc en quinua cruda y procesada.....	126
Tabla 51.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en amaranto crudo	127
Tabla 52.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en amaranto procesado	127
Tabla 53.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de calcio en amaranto crudo y procesado.	127
Tabla 54.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de calcio en amaranto crudo y procesado.	128
Tabla 55.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de fósforo en amaranto Crudo y procesado.	128
Tabla 56.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de magnesio en amaranto Crudo y procesado.....	128
Tabla 57.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de magnesio en amaranto Crudo y procesado. ...	129
Tabla 58.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de potasio en amaranto Crudo y procesado.	129
Tabla 59.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de potasio en amaranto Crudo y procesado.....	129
Tabla 60.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de sodio en amaranto Crudo y procesado.	129
Tabla 61.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de cobre en amaranto Crudo y procesado.	130
Tabla 62.- <i>Prueba Tukey</i> para la biodisponibilidad de cobre en amaranto Crudo y procesado.	130
Tabla 63.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de hierro en amaranto Crudo y procesado.	130
Tabla 64.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de manganeso en amaranto Crudo y procesado.....	130
Tabla 65.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de manganeso en amaranto Crudo y procesado.	131
Tabla 66.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de zinc en amaranto Crudo y procesado..	131
Tabla 67.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de zinc en amaranto Crudo y procesado.....	131
Tabla 68.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en chocho crudo.....	132
Tabla 69.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en chocho cocido	132
Tabla 70.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de calcio en chocho Crudo y procesado. .	133
Tabla 71.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de calcio en chocho Crudo y procesado.	133
Tabla 72.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de fósforo en chocho Crudo y procesado.	133
Tabla 73.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de fósforo en chocho Crudo y procesado.....	134
Tabla 74.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de magnesio en chocho Crudo y procesado.	134
Tabla 75.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de magnesio en chocho Crudo y procesado.	134
Tabla 76.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de potasio en chocho Crudo y procesado.	135
Tabla 77.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de potasio en chocho Crudo y procesado.....	135
Tabla 78.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de sodio en chocho Crudo y procesado...	135
Tabla 79.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de sodio en chocho Crudo y procesado.....	136
Tabla 80.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de cobre en chocho Crudo y procesado...	136
Tabla 81.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de cobre en chocho Crudo y procesado.....	136
Tabla 82.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de hierro en chocho Crudo y procesado. .	137
Tabla 83.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de hierro en chocho Crudo y procesado.	137

Tabla 84.-Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de manganeso en chocho Crudo y procesado.	137
Tabla 85.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de manganeso en chocho Crudo y procesado.....	138
Tabla 86.- <i>Análisis de Varianza</i> para la biodisponibilidad de zinc en chocho Crudo y procesado.....	138
Tabla 87.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de zinc en chocho Crudo y procesado.....	138
Tabla 88.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en sangorache crudo	139
Tabla 89.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en sangorache cocido.....	139
Tabla 90.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de calcio en sangorache Crudo y procesado.	140
Tabla 91.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de calcio en sangorache Crudo y procesado.....	140
Tabla 92.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de fósforo en sangorache Crudo y procesado.	140
Tabla 93.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de magnesio en sangorache Crudo y procesado.....	141
Tabla 94.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de magnesio en sangorache Crudo y procesado.	141
Tabla 95.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de potasio en sangorache Crudo y procesado.	141
Tabla 96.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de potasio en sangorache Crudo y procesado.....	142
Tabla 97.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de sodio en sangorache Crudo y procesado.	142
Tabla 98.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de sodio en sangorache Crudo y procesado.	142
Tabla 99.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de cobre en sangorache Crudo y procesado.	143
Tabla 100.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de cobre en sangorache Crudo y procesado.	143
Tabla 101.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de hierro en sangorache Crudo y procesado.	143
Tabla 102.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de manganeso en sangorache Crudo y procesado.....	144
Tabla 103.-Prueba Tukey para la biodisponibilidad de manganeso en sangorache Crudo y procesado.	144
Tabla 104.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de zinc en sangorache Crudo y procesado.	144
Tabla 105.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de zinc en sangorache Crudo y procesado.	145
Tabla 106. Digestibilidad proteica en quinua cruda.....	145
Tabla 107. Digestibilidad en quinua cocida.	146
Tabla 108.- Análisis de Varianza de la digestibilidad proteica de la Quinua.....	146
Tabla 109.- Prueba Tukey para el porcentaje de digestibilidad proteica en Quinua	146
Tabla 110. Digestibilidad proteica en amaranto crudo.....	147
Tabla 111. Digestibilidad proteica en amaranto cocido	147
Tabla 112.- Análisis de Varianza de la digestibilidad proteica del Amaranto	147
Tabla 113.- Prueba Tukey para el porcentaje de digestibilidad proteica en Amaranto.....	148
Tabla 114. Digestibilidad proteica en chocho crudo.	148
Tabla 115. Digestibilidad proteica en chocho cocido	148
Tabla 116.- <i>Análisis de Varianza de la digestibilidad proteica del chocho</i>	149
Tabla 117.- Prueba Tukey para el porcentaje de digestibilidad proteica en Chocho	149
Tabla 118. Digestibilidad proteica en sangorache crudo.....	150
Tabla 119.Digestibilidad proteica en sangorache cocido.	150

Tabla 120.- Análisis de Varianza de la digestibilidad proteica del Sangorache.....	151
Tabla 121.- Prueba Tukey para el porcentaje de digestibilidad proteica en Sangorache	151
Tabla 122.- <i>Análisis de Varianza para la lisina disponible en quinua</i>	151
Tabla 123.- Prueba Tukey para la lisina disponible en quinua.....	151
Tabla 124.- <i>Análisis de Varianza para la lisina disponible en amaranto</i>	152
Tabla 125.- Prueba Tukey para la lisina disponible en amaranto.....	152
Tabla 126.- <i>Análisis de Varianza para la lisina disponible en chocho</i>	152
Tabla 127.- Prueba Tukey para la lisina disponible en chocho	152
Tabla 128.- <i>Análisis de Varianza para la lisina disponible en sangorache</i>	153
Tabla 129.- Prueba Tukey para la lisina disponible en sangorache.....	153

ÍNDICE DE CUADROS Y GRÁFICOS

Cuadro 1.- Valor nutritivo granos andinos.	16
Cuadro 2.- Comparación del contenido de aminoácidos granos andinos.....	16
Cuadro 3. Descriptores de interés morfológico y agronómico del amaranto INIAP Alegría.....	19
Cuadro 4. Descriptores de interés morfológico y agronómico del chocho INIAP 450 Andino.....	21
Cuadro 5. Producción de quinua (miles de toneladas)	22
Cuadro 6. Descriptores de interés morfológico y agronómico de la quinua INIAP Tunkahuan.....	23
Cuadro 7. Descriptores de interés morfológico y agronómico de la quinua INIAP Pata de Venado....	24
Cuadro 8. Descriptores de interés morfológico y agronómico del sangorache.	25
Cuadro 9. Tratamientos para la determinación de ácido fítico en líneas /variedades de quinua.....	37
Cuadro 10. Tratamientos para la determinación de ácido fítico en líneas /variedades de chocho.	37
Cuadro 11. Tratamientos para la determinación de ácido fítico en líneas de sangorache.....	38
Cuadro 12. Tratamientos para la determinación de ácido fítico en líneas /variedades de amaranto.	38
Cuadro 13. Tratamientos de la determinación del efecto del procesamiento en el contenido de ácido fítico en variedades de quinua	39
Cuadro 14. Tratamientos de la determinación del efecto del procesamiento en el contenido de ácido fítico en líneas avanzadas de y/o variedades de chocho.....	39
Cuadro 15. Tratamientos de la determinación del efecto del procesamiento en el contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de amaranto.....	40
Cuadro 16. Tratamientos de la determinación del efecto del procesamiento en el contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de sangorache.....	40
Cuadro 17. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso en la biodisponibilidad de minerales en variedades de quinua.....	41
Cuadro 18. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso en la biodisponibilidad de minerales en líneas avanzadas de y/o variedades de chocho.....	41
Cuadro 19. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso en la biodisponibilidad de minerales en líneas avanzadas de y/o variedades de amaranto.	42
Cuadro 20. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso en la biodisponibilidad de minerales en líneas avanzadas de y/o variedades de sangorache.	42
Cuadro 21. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso sobre la biodisponibilidad de lisina y la digestibilidad de la proteína, en variedades de quinua.....	43
Cuadro 22. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso sobre la biodisponibilidad de lisina y la digestibilidad de la proteína, en líneas avanzadas y/o variedades de chocho	43
Cuadro 23. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso sobre la biodisponibilidad de lisina y la digestibilidad de la proteína, en líneas avanzadas de y/o variedades de amaranto.	44

Cuadro 24. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso sobre la biodisponibilidad de lisina y la digestibilidad de la proteína, en líneas avanzadas de sangorache.....	44
Cuadro 25. Líneas y/o variedades de granos andinos en estudio.	55
Cuadro 26. Operacionalización de la variable independiente.- Acción fuertemente quelante del ácido fítico.	56
Cuadro 27. Operacionalización de la variable dependiente.- Baja biodisponibilidad de minerales.....	57
Cuadro 28. Valores económicos de la propuesta.....	96
Cuadro 29. Nutrientes en la semilla de amaranto vs. Cereales (mg/100 gr)	98
Cuadro 30. Modelo Operativo (Plan de Acción).....	100
Cuadro 31. Administración de la propuesta	101
Cuadro 32. Previsión de la evaluación de la investigación propuesta.....	102

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Árbol de problemas.....	4
Figura 2. Estructura del myo-inositol 1,2,3,4,5,6 hexakis 2.2.1.2.....	28
Figura 3. Posibles interacciones del ácido fítico con minerales, elementos traza, proteínas y almidón.	31
Figura 4. Categorías fundamentales	36
Figura 5.- Contenido de ácido fítico en varios genotipos de granos andinos.....	60
Figura 11.- Biodisponibilidad de macroelementos en dos variedades de amaranto.....	72
Figura 12.- Biodisponibilidad de microelementos en dos variedades de amaranto	73
Figura 13.- Biodisponibilidad de macroelementos en variedades de chocho crudo y cocido.....	77
Figura 14.- Biodisponibilidad de microelementos en variedades de chocho crudo y cocido.....	77
Figura 15.- Biodisponibilidad de macroelementos en líneas de sangorache.....	81
Figura 16.- Biodisponibilidad de microelementos en líneas de sangorache.....	81
Figura 17.- Digestibilidad proteica en muestras Crudas (no procesada) y (procesadas) de varios granos andinos	85
Figura 17.-Lisina disponible en genotipos de varios granos andinos.....	88
Figura 6.- Contenido de ácido fítico en granos andinos.....	113

RESUMEN EJECUTIVO

En etapas de la vida en las que se produce un rápido crecimiento corporal y la demanda de nutrientes es mayor, se hace necesario optimizar la absorción de nutrientes a fin de evitar deficiencias. El ácido fítico (inositol fosfato) presente en cereales y otros granos puede inhibir de forma significativa la absorción de minerales mediante la formación de complejos insolubles con minerales, como el hierro no hemo, el calcio y el zinc; comprometiendo el desempeño de las proteínas. Por ello, es de gran importancia tratar de establecer los tratamientos tecnológicos necesarios para que la utilización de estos nutrientes esenciales sea al máximo.

En la presente investigación, se determinó el contenido de ácido fítico en las siguientes líneas y/o variedades: chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*), quinua (*Chenopodium quinua Willd*), amaranto (*Amaranthus Caudatus L.*) y sangorache (*Amaranthus Hybrydus L.*); que son granos de origen andino. Se comprobó que de las cuatro especies consideradas en este estudio el amaranto y el sangorache presentaron el mayor contenido de ácido fítico (1.25%) mientras que el chocho registró el menor contenido (1.10%).

Se analizó los efectos de los tratamientos térmicos (cocción en agua, fritura, y tostado), comprobándose la efectividad del proceso de cocción en la disminución de ácido fítico, especialmente en el chocho y en menor grado en el sangorache. Contrariamente los procesos de tostado y la fritura del amaranto, quinua, sangorache y chocho produjeron un marcado incremento en el contenido de ácido fítico; con respecto al valor registrado en los granos crudos.

El estudio de la biodisponibilidad de minerales se realizó con granos crudos y cocidos ya que en este proceso disminuyó sustancialmente el contenido de ácido fítico.

La biodisponibilidad de los minerales se calculó a partir del porcentaje dializado tras la digestión *in vitro* de los granos cocidos y molidos. Los resultados revelaron que la biodisponibilidad del fósforo, hierro, y zinc son insignificantes con niveles de absorción entre 0% al 0.9%. Estos resultados hacen suponer que el ácido fítico no es el único antinutricional

que compromete la disponibilidad de dichos minerales en los granos andinos en estudio. La biodisponibilidad del calcio también fue insignificante para la mayoría de los granos en estudio excepto la quinua que mostró una biodisponibilidad de 12.64%.

Para los demás elementos se determinó adecuados niveles de biodisponibilidad; así para el potasio 34.79%, magnesio 41.19%, sodio 15.48%, cobre 51% y manganeso 16.13% en todas las líneas y/o variedades.

Para la digestibilidad proteica se trabajó con una solución multienzimática este método se da a través de la simulación de un proceso digestivo con enzimas de origen animal, como son: Tripsina, Chymotripsina y Peptidasa Pancreática; revelando que el cocimiento contribuyó a mejorar la digestibilidad de la proteína en todas las especies en estudio; las líneas y/o variedades que presentan mayor digestibilidad proteica son las de chocho alcanzando valores del 90%.

En el caso del amaranto, sangorache y quinua los valores de digestibilidad fluctuaron entre 77 y 84% el menor valor registrado fue para el sangorache ECU-0069 con 77,3% en estado crudo.

Análogamente el mayor contenido de lisina disponible deja ver que de las especies estudiadas el chocho presentó mayor contenido de lisina disponible (1.19 gr/100 gr proteína), lo cual se correlaciona con el mayor contenido de proteína digerible tanto en el grano crudo como en el cocido. El sangorache presentó menor contenido de lisina disponible (0.47 gr/100 gr proteína). En general, el contenido de lisina disponible en los granos andinos estudiados es notable; en el caso del chocho, la quinua y el amaranto, superan el patrón de referencia establecido por la OMS/FAO (0.55g/100gr proteína).

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 TEMA DE LA INVESTIGACIÓN

“Estudio de la acción fuertemente quelante del ácido fítico como factor antinutricional en granos andinos y su incidencia en la baja biodisponibilidad de minerales”.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.2.1.1. ANÁLISIS MACRO

Los granos andinos han jugado un papel muy importante en la historia de la civilización y son la base de la nutrición en gran parte del mundo, es por ello que han sido objeto de numerosas investigaciones y publicaciones. Actualmente en muchos países el consumidor exige no sólo productos de calidad sino también variedad, así por ejemplo en lo que se refiere a las harinas de cereales diferentes al trigo esto se puede aplicar también a otros cereales y a algunos pseudo cereales como la quinua y el amaranto.

Teniendo en cuenta la composición, el valor nutritivo y la funcionalidad de estos granos se pueden cubrir muy bien las diferentes demandas de los consumidores.

Los pseudo cereales como la quinua y otros afines cultivados en los Andes son plantas que forman semillas que tienen excelentes propiedades nutritivas, ácidos grasos poli insaturados y un alto contenido en minerales; estas semillas no contienen las proteínas que forman el gluten por lo tanto sus harinas son adecuadas una vez que se han eliminado los componentes no deseables y de esa manera se obtiene formulaciones para las personas intolerantes al gluten (celiacos).

Éste es también el caso del amaranto y el trigo sarraceno, que además se pueden utilizar para la elaboración de productos de cervecería exentos de gluten. Por muchas razones cada vez se hace más necesario proporcionar al mercado productos sujetos a un control estricto de calidad. Las leguminosas poseen componentes no nutritivos que pueden dificultar la asimilación de algunos elementos nutritivos pudiendo causar efectos fisiológicos poco deseables o incluso pueden llegar a ser tóxicos (ácido fítico).

Desde el punto de vista bioquímico dichos compuestos son de distinta naturaleza y su presencia y concentración son variables en función de la leguminosa considerada.

1.2.1.2. ANÁLISIS MESO

En Latinoamérica las semillas de cereales y leguminosas son alimentos con gran acogida; contienen simultáneamente carbohidratos, proteínas, lípidos y algunos micronutrientes como vitaminas y minerales disponibles para la alimentación directa e indirecta del hombre; razón por la cual durante muchos años han constituido la fuente principal para el suministro de energía y proteína especialmente en los países pobres.

El ácido fítico cada día está siendo mucho más estudiado y sobre todo en las zonas interandinas donde estos productos son abundantes encontrando niveles de desnutrición alto. Sin embargo, algunas semillas especialmente las leguminosas presentan en su composición sustancias antinutricionales como es el caso del ácido fítico. Por tanto, el conocimiento relacionado con la naturaleza y comportamiento de los factores antinutricionales conduce a un mejor aprovechamiento del gran potencial nutricional de las semillas.

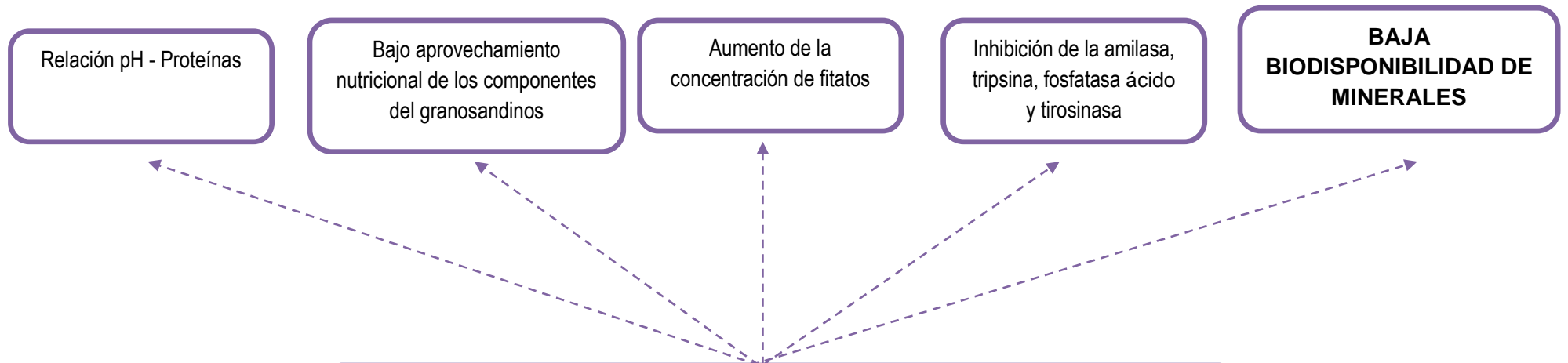
1.2.1.3. ANÁLISIS MICRO

En el Ecuador los granos andinos constituyen un alimento tradicional que ha suscitado el interés de numerosos grupos de investigación desde perspectivas muy diversas. La demanda de nuevos productos hace que sea de gran interés el estudio del ácido fítico y su presencia en los granos andinos. La presencia simultánea de proteína y almidón en proporciones adecuadas así como la riqueza en vitaminas, oligoelementos, saponinas, fibra, etc., las han hecho acreedoras de un justificado interés desde el punto de vista nutritivo. La fuerte demanda del sector agrícola de algunas comunidades ecuatorianas en la mejora de los cultivos existentes ha hecho que el tema de la calidad no se pueda obviar ya que son productos esencialmente de consumo humano.

Provincias como Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua son las pioneras en el cultivo de los granos andinos existiendo grandes avances sobre la mejora genética y el acondicionamiento a diversos sectores del país.

1.2.1. ANÁLISIS CRÍTICO

EFECTO:



PROBLEMA:



CAUSA

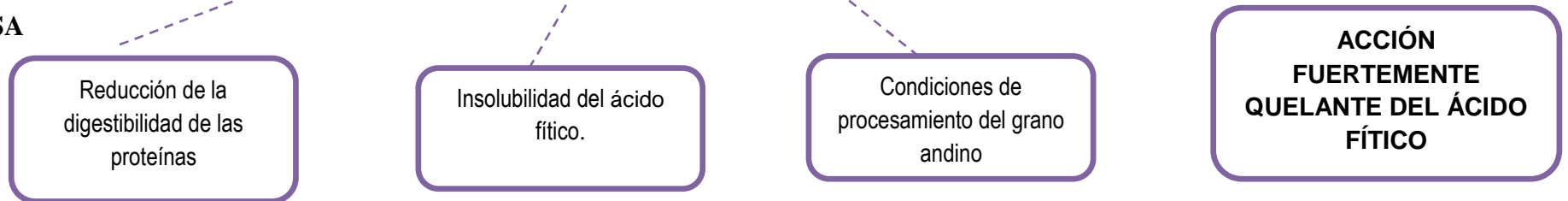


Figura 1. Árbol de problemas

1.2.2.1. RELACIÓN CAUSA-EFECTO

Luego de haber realizado el análisis crítico del problema, se determinó que la acción fuertemente quelante del ácido fítico como factor antinutricional puede ser la posible causa de la baja biodisponibilidad de minerales en granos andinos.

1.2.3. PROGNOSIS

Al no realizarse dicha investigación, no se podrá contar con datos actualizados a nivel nacional sobre la acción fuertemente quelante del ácido fítico en los granos andinos sobre todo en aquellos que son de consumo masivo en nuestro país; así como también no se podrá conocer de mejor manera el valor nutricional que estos granos aportan.

Existirá desconocimiento de la presencia del ácido fítico y su influencia en la nutrición humana dejando de lado la calidad proteica que posee el chocho, quinua, sangorache, y amaranto; los cuales se encuentran en abundancia en la zona interandina. Los minerales presentes en estos granos no van a ser fácilmente digeribles existiendo problemas estomacales y desnutrición en las personas que los consumen, sobre todo en los niños donde el ácido fítico va a provocar insuficiencia de minerales tan importantes como el calcio y hierro lo cual sigue siendo un problema muy grave en nuestro país y sobre todo en las zonas de mayor pobreza y además afectando la economía de muchas familias.

1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El ácido fítico incide en la baja biodisponibilidad de minerales en granos andinos del Ecuador?

1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES

1.2.5.1 ¿Reduce la digestibilidad de las proteínas la influencia del pH?

1.2.5.2 ¿La insolubilidad del ácido fítico genera bajo aprovechamiento nutricional de los granos andinos?

1.2.5.3 ¿Las condiciones del procesado de los granos aumentan la concentración de fitatos?

1.2.5.4 ¿Las moléculas altamente reactivas inhiben la amilasa, tripsina, fosfatasa ácido y tirosinasa?

1.2.6. DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

CAMPO CIENTÍFICO:

Ingeniería Bioquímica

ÁREA:

Nutrición

ASPECTO:

Biodisponibilidad de Minerales

TEMPORAL:

Diciembre del 2010 a Julio del 2011.

ESPACIAL:

El presente trabajo de Investigación se realizó en el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria ubicada en la Parroquia Cutuglagua del Cantón Mejía de la Provincia de Pichincha.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Los minerales son sustancias con una importante función reguladora como cofactor que no pueden ser sintetizados por el organismo y deben ser aportados por la dieta. En los granos andinos estos nutrientes se encuentran ampliamente distribuidos, sin embargo muchos factores dietéticos como el ácido fítico reducen la absorción de varios minerales a causa de la formación de complejos insolubles con estos elementos.

En este estudio se plantea determinar el contenido de ácido fítico y su relación con la biodisponibilidad de minerales en granos como el chocho, quinua, amaranto y sangorache; tanto en los granos no procesados y procesados para recomendar su consumo y forma de uso como parte de una dieta y modo de vida saludable que puede alcanzarse a través del mejoramiento genético o mediante la aplicación de procesos tecnológicos apropiados con la finalidad de incrementar la biodisponibilidad de varios minerales especialmente el magnesio, potasio, zinc, cobre y hierro; los cuales son mal asimilados por nuestro organismo en forma de fitatos. Los resultados obtenidos ayudarán a identificar líneas y/o variedades presentes en el INIAP que tengan bajo contenido de ácido fítico orientado a la obtención de variedades más nutritivas. Este hecho también puede lograrse a través de procesos como la cocción, la expansión, fritura, etc.

Una de las razones por las cuales en nuestro país se puede realizar este tipo de proyectos se debe a que las leguminosas y granos andinos constituyen la fuente principal para el suministro de energía; sin embargo algunos granos presentan en su composición sustancias antinutricionales. Por tanto, el conocimiento conduce a un mejor aprovechamiento del gran potencial nutricional.

El ácido fítico y su relación con la biodisponibilidad de minerales son muy importantes ya que se encuentran directamente vinculados en el aprovechamiento nutricional de los granos andinos siendo primordial su investigación en el Ecuador.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la acción fuertemente quelante del ácido fítico como factor antinutricional en granos andinos y su incidencia en la baja biodisponibilidad de minerales.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.4.2.1. Evaluar la acción fuertemente quelante del ácido fítico que lo hace un factor antinutricional en granos andinos.
- 1.4.2.2. Evaluar el efecto de algunos procesos sobre el contenido de ácido fítico, en líneas avanzadas y/o variedades de quinua, chocho, amaranto y sangorache (amaranto negro).
- 1.4.2.3. Determinar la biodisponibilidad de minerales presentes en granos andinos.
- 1.4.2.4. Determinar el contenido de lisina disponible y la digestibilidad de la proteína, en líneas avanzadas y/o variedades de granos andinos procesado y no procesado.
- 1.4.2.5. Proponer la aplicación de procesos tecnológicos para el tratamiento de los granos andinos con la finalidad de reducir el contenido de ácido fítico y mejorar la biodisponibilidad de minerales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Según Wang, *et al.*, (1992) un incremento en la acumulación de ácido fítico se da principalmente en la maduración de la semilla aunque dicha acumulación ha sido interpretada por algunos autores como una manera de prevenir niveles excesivamente altos de fósforo inorgánico durante la maduración, la mayoría coincide en que su función principal es el almacenamiento de fósforo.

Investigadores como Frossard (2000) han encontrado una reducción del ácido fítico durante la germinación en las semillas de leguminosas, aparentemente como resultado de un elevado aumento de la actividad fitasa. La enzima fitasa (myo-inositol- hexaquisfostato3-fosfohidrolasa) que cataliza la hidrólisis del ácido fítico en myo-inositol, myo-inositol fosfatos y fosfatos inorgánicos está ampliamente distribuida en plantas, tejidos animales y en numerosas especies de mohos.

Heany (1991) indica que el ácido fítico reduce la absorción de calcio y que la disminución del ácido fítico en la soja mediante mejora genética supone un incremento en la biodisponibilidad de este mineral.

Por el contrario, los resultados obtenidos en ratas son contradictorios algunos estudios indican la existencia de un efecto inhibitor del ácido fítico en la absorción de calcio, mientras en otros no se obtiene efecto significativo alguno.

Debido al importante contenido de hierro en los pseudo cereales la mayoría de los estudios sobre la interacción entre el ácido fítico y este mineral se han realizado con el pan integral, a la hora de evaluar los resultados de dichos estudios fue importante tener en cuenta la adición de calcio práctica habitual en la elaboración del pan ya que estudios sobre el balance de nutrientes tanto *in vivo* como en investigaciones *in vitro* sugieren que la adición de calcio reduce la hidrólisis del ácido fítico (Snider, *et al.*, 1992) como consecuencia de que elevadas concentraciones de dicho mineral impiden la acción de las fitasas.

En el hombre indican que el ácido fítico tiene un fuerte efecto inhibitor en la absorción de hierro. Es conocido que el salvado es un importante inhibidor del hierro y aunque según las investigaciones realizadas por Simpson (1981) coincide en que es debido exclusivamente al ácido fítico y otros inositol fosfato presentes en el salvado y no a la presencia de fibra y otros constituyentes.

Según Lonnerdal B. (1984) en animales de experimentación demuestran que el ácido fítico contenido en los alimentos reduce la biodisponibilidad del zinc, los fitatos con menor grado de fosforilación ejercen un bajo o nulo efecto en la absorción del zinc. Estudios en el hombre también han demostrado que el ácido fítico presente en la dieta inhibe la biodisponibilidad del zinc, y que altos niveles de este antinutriente pueden dar lugar a una deficiencia de este mineral.

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Thomás S. Kuhn (1962) en su libro “La Estructura de las Revoluciones Científicas”, considera que el paradigma es un ejemplo o un esquema básico de interpretación de la realidad que ha sido verificado por un proceso de investigación científica; es decir aplicando leyes, teorías, modelos, métodos y técnicas, aplicando e instrumentando y sobre la base de este ejemplo se proporcionan modelos científicos. Además menciona que si un investigador comparte un paradigma con otro es obvio que ambos estarán regidos por los mismos patrones en la práctica científica.

Un paradigma es un modelo que tiene un marco delimitado que es el punto de vista y enseña como desenvolverse dentro de ese marco o un modo particular de ver el mundo y de interpretar la realidad a partir de una determinada concepción filosófica. Los paradigmas actúan como filtros fisiológicos de manera que nosotros literalmente vemos el mundo a través de nuestros paradigmas. En el contexto del paradigma significa que todo dato que existe en el mundo real y no se ajusta a su paradigma tiene dificultades para pasar por sus filtros. Por tanto lo que en realidad percibimos en esencia está determinado por nuestros paradigmas. Lo que a una persona con un paradigma puede resultar muy notorio perfectamente obvio puede ser casi imperceptible para otra persona con un paradigma diferente. En esto consiste el efecto paradigma.

Existen dos tipos de paradigmas en la Investigación; Investigación cuantitativa llamada clásica o tradicional, dentro de lo cual se ubica la mayoría de los tipos de investigación se manifiestan entre otros varias características como los objetivos y el proceso de investigación solo es conocido por los técnicos y los investigadores; además los resultados del estudio son destinados exclusivamente a los investigadores y al organismo o centro de investigación. La población no tiene que conocerlos ni discutirlos.

La investigación cualitativa por su parte se ha concebido últimamente como aquel tipo de investigación en el cual participan los individuos y comunidad para solucionar sus propias necesidades y problemas bajo la guía de técnicos al respecto, pero con la participación directa de todos los interesados en su desarrollo.

El trabajo investigativo está basado principalmente en la consecuencia del consumo inadecuado de los alimentos y sobre todo de los granos andinos en especial el chocho, quinua, amaranto y sangorache (amaranto negro) por ende es posible crear teorías que nos ayude a entender de mejor manera el efecto de la presencia de ácido fítico y sobre todo su influencia en la nutrición, este compuesto tiene la capacidad de disminuir la biodisponibilidad de minerales reduciendo la eficiencia con la cual los nutrientes son utilizados, así como también la digestibilidad proteica se ve afectada por que es uno de los indicadores más utilizados para determinar la calidad de las proteínas debido a que no todas son digeridas, absorbidas y utilizadas en la misma medida. A pesar que el cuerpo humano realice perfectamente sus funciones no siempre está en condiciones de asimilar todos los alimentos

de manera natural; algunos métodos empleados durante el procesado industrial de cereales y leguminosas producen una reducción en la concentración de ácido fítico presente.

La parte cualitativa del trabajo está dado por la influencia que ejerce el ácido fítico y sobre todo para establecer un método factible para la determinación de este antinutricional, siendo necesario conocer sobre cuales minerales actúan con más intensidad. Se busca mejorar la calidad de los alimentos actuando directamente sobre la presencia de proteínas y su porcentaje de digestibilidad, para ello se debe establecer las técnicas más adecuadas que se pueden utilizar con el fin de obtener buenos resultados.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La presente investigación se fundamenta de la siguiente manera:

Según la constitución del año 2008, capítulo segundo, derechos del buen vivir.

Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales.

El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

Objetivos Nacionales para el Buen Vivir (Plan Nacional para el Buen Vivir, 2009).

Política 2.1 Asegurar una alimentación sana, nutritiva, natural y con productos del medio para disminuir drásticamente las deficiencias nutricionales

Promover programas de reactivación productiva enfocados al cultivo de productos tradicionales, articulados al programa nacional de alimentación y nutrición

Política 5.3 Propender a la reducción de la vulnerabilidad producida por la dependencia externa alimentaria y energética

- Fomentar la producción de alimentos sanos y culturalmente apropiados de la canasta básica para el consumo nacional, evitando la dependencia de las importaciones y los patrones alimenticios poco saludables.
- Impulsar la industria nacional de alimentos, asegurando la recuperación y la innovación de productos de calidad, sanos y de alto valor nutritivo, articulando la producción agropecuaria y con el consumo local.

Política 11.3 Impulsar las condiciones productivas necesarias para el logro de la soberanía alimentaria

- Incentivar programas de conservación y recuperación de productos y semillas tradicionales.
- Fomentar la producción de alimentos sanos y culturalmente apropiados orientados al consumo interno, mediante un apoyo integral que potencie las capacidades productivas y la diversidad de las pequeñas y medianas unidades, urbanas y rurales, de las comunidades campesinas, indígenas, montubias y afroecuatorianas.
- Impulsar la industria nacional de alimentos, asegurando la recuperación y la innovación de productos de calidad, inocuos y de alto valor nutritivo, el vínculo con la producción agropecuaria y con el consumo local, y minimizando el uso y el desecho de embalajes.
- Proteger la producción local de alimentos básicos a través de precios de sustentación, subsidios productivos y mecanismos similares.

Política 11.9 Promover el acceso a conocimientos y tecnologías y a su generación endógena como bienes públicos

- Impulsar la creación de redes nacionales de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, que articule centros de investigación universitarios públicos y privados, entidades particulares y comunitarias y unidades productivas, y que recuperen,

integren y generen conocimientos y tecnologías con una perspectiva de fortalecimiento de la diversidad.

Norma Técnica Ecuatoriana (2004-2005)

Según las normas INEN 2389 presenta los requisitos físico-químicos del grano amargo del chocho donde la humedad debe tener un valor entre 11 al 12 %, proteína entre 35 al 48%.

Según las normas INEN 2390 presenta el análisis proximal del grano desamargado del chocho; con porcentaje proteico entre el 28 al 25% y la humedad entre 72 al 75%.

Requisitos complementarios

La temperatura ambiente en el área de pesado, empacado y sellado no debe pasar de los 17°C.

La pesada debe realizarse de manera aséptica, para evitar que el grano se contamine.

Para prolongar la vida útil del producto al granel o en bolsas de plástico, el grano debe mantenerse en refrigeración. También se puede congelarlo, en este caso se produce una ligera modificación de la textura a partir de los seis meses de almacenamiento.

MÉTODOS

- Valoración del ácido fítico por el método de Frühbeck (modificado por el Departamento de Nutrición y Calidad)
- Cuantificación de fitatos; Latta M., Eskin M., (1980).
- Cuantificación de Ácido fítico (fitato) / fósforo total (Kit de comprobación)
- Determinación de la digestibilidad *in vitro* de proteína; Hsu, (1977) adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.
- Determinación de la biodisponibilidad *in vitro* de minerales; Binaghi M., López L., Ronayne DE Ferrer P., Valencia M. 2007.
- Determinación de lisina disponible por el método de Carpenter (1960), adaptado por Chel y Col.
- Análisis Proximal; U. Florida, (1970, 1980)

2.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO- TÉCNICA

2.4.1. GRANOS ANDINOS

Introducción

El chocho (*Lupinus Mutabilis Sweet*), la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), el amaranto (*Amaranthus Caudatus L.*) y el ataco o sangorache (*Amaranthus Hybrydus L*), son granos de origen andino, considerados estratégicos por su valor e importancia en la alimentación humana.

Estos granos andinos, se caracterizan por su contenido de proteína (14 a 46 % en grano seco), grasa, carbohidratos, minerales y fibra lo que determina su valor nutritivo. A la cantidad de proteína, se suma la calidad de la misma (balanceando el alimento al consumirlas junto con otros alimentos), la grasa de calidad (omega 6 - omega 3), la fibra, el hierro y otros contenidos útiles para la salud como las isoflavonas y los antioxidantes.

En Ecuador, los granos andinos forman parte de los sistemas de producción, principalmente en la región Sierra ya que son cultivadas en asociaciones, intercaladas en monocultivos o en rotación con otros cultivos.

El amaranto y ataco o sangorache, están tomando importancia económica y social de manera paulatina. Siendo cultivos tan antiguos como la humanidad, son nuevos para los agricultores y consumidores ecuatorianos. Al igual que el chocho y la quinua, constituyen importantes alternativas para la agricultura, la alimentación a todo nivel y la exportación.

El INIAP, a través de su Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, consideran la importancia para la economía y la alimentación del país, está generando mediante procesos de investigación participativa, tecnologías apropiadas a las necesidades de los agricultores, agroindustriales y consumidores.

El mayor atributo de los granos andinos es su contenido de proteína y su perfil de aminoácidos que define la calidad de una proteína, a lo que se añade los contenidos de grasa, fibra, minerales y vitaminas.

Cuadro 1.- Valor nutritivo granos andinos.

CARACTERÍSTICA	SANGORACHE	AMARANTO	QUINUA	ARROZ	MAÍZ	FREJOL
HUMEDAD (%)	113.7	11.4	13.7	12.4	11.8	7.5
PROTEÍNA (%)	14.3	18.7	13.9	7.6	7.7	21.5
FIBRA CRUDA (%)	13.9	9.8	8.69	2.4	2.4	10.0
E.L.N (%)	61.9	62.2	68.77	84.4	83.2	62.6
CENIZAS (%)	3.58	4.6	3.7	3.4	1.7	4.6
GRASA (%)	6.18	4.6	4.95	2.2	5.0	1.21
CALCIO (%)	0.30	0.16	0.08	0.02	0.01	0.21
FÓSFORO (%)	0.61	0.61	0.59	0.18	0.27	0.48
MAGNESIO (%)	0.35	0.24	0.31	0.08	0.13	0.19
POTASIO (%)	0.60	0.60	0.95	0.12	0.48	1.66
SODIO (%)	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
COBRE (ppm)	10.0	9.0	10.0	4.0	4.0	13.0
HIERRO(ppm)	68.0	90.0	108.0	34	30.0	98.0
MANGANESO(ppm)	44.0	24.0	36.0	7.0	7.0	11.0
ZINC(ppm)	44.0	42.0	34.0	24.0	24.0	36.0
ENERGÍA (cal/100g)	361	459	453.08	364	361	361

Elaboración: Eduardo Peralta y Elena Villacrés.

Fuente: Departamento Nutrición y Calidad, INIAP-2003

Varios estudios han demostrado que la proteína de amaranto tiene un contenido adecuado de lisina y de aminoácidos azufrados, en relación con el patrón de frecuencia de FAO/OMS/UNU.

Cuadro 2.- Comparación del contenido de aminoácidos granos andinos

AMINOÁCIDO (g en 100g de muestra)	Amaranto negro INIAP ataco	Amaranto blanco INIAP Alegría	Quinua INIAP Tunkahuan	Chocho INIAP 450 Andino
Ácido aspártico	1.23	1.17	1.18	4.59
Treonina	0.42	0.5	0.51	1.23
Serina	1.31	0.88	0.58	2.03
Ácido glutámico	2.15	2.67	2.14	10.93
Prolina	0.46	0.54	0.46	1.42
Glicina	1.76	1.26	1.82	1.77
Alanina	0.46	0.53	0.65	1.39
Cisteína	0.05	0.12	0.08	0.19
Valina	0.61	0.56	0.64	1.49
Metionina	0.18	0.20	0.15	0.16
Isoleucina	0.46	0.51	0.52	1.82
Leucina	0.71	0.79	0.86	2.75
Tirosina	0.35	0.53	0.44	1.44
Fenilalanina	0.53	0.59	0.57	1.44
Histidina	0.37	0.39	0.39	1.06
Lisina	0.61	0.80	0.74	1.79
Arginina	1.04	1.27	0.80	3.04

Elaboración: Eduardo Peralta y Elena Villacrés.

Fuente: Departamento Nutrición y Calidad, INIAP-2003

El contenido de lípidos de las semillas de amaranto negro (8%) es relativamente alto comparado con el amaranto blanco (4.3%) y quinua (4.9%), con predominio de ácidos grasos mono y poliinsaturados.

Un aspecto excepcional del ataco o sangorache (amaranto negro) desde el punto de vista de la actividad biológica es su alto contenido de fibra, que representa hasta el 25% del grano, debiendo determinarse el contenido de fibra dietética por su acción biológica en la disminución del índice de colesterol sérico o hepático.

Con respecto a los minerales, los dos elementos más importantes para la salud humana son el calcio y el hierro. Cien gramos de amaranto negro pueden aportar el 46% de la ingesta diaria recomendada de calcio y junto con al quinua pueden aportar el total de la ingesta recomendada de hierro.

2.4.2. AMARANTO

Por miles de años el amaranto (*Amaranthus* sp.) ha constituido un alimento importante en el continente Americano y actualmente ha logrado captar un creciente interés debido a su potencial nutritivo.

El amaranto se distribuye ampliamente en América, donde presenta gran variabilidad genética, que se aprecia en la diversidad de características de la planta, tipo de inflorescencia, color de la semilla, precocidad, contenido proteico de semilla y resistencia a plagas y enfermedades.

Se conoce que en el continente Americano existen 3.000 accesiones de *Amaranthus* sp. en bancos de germoplasma, lo que representa 87 especies.

La distribución geográfica del amaranto cultivado es amplia (Mujica et al., 1999). Desde el tiempo precolombino, *A. cruentus* se encuentra en México y en la zona central de los EEUU, *A. hypochondriacus* en el sudoeste de los EEUU y *A. caudatus* en la zona andina de América del Sur. Las tres especies de amaranto se han cultivado para semilla y hojas frescas para el consumo humano y posiblemente dan origen a *A. hybridus*, que es común en América. Las especies silvestres más importantes en América son: *A. hybridus*, *A. tricolor*, *A. blitum* L., *A. viridis* L. y *A. dubiu*. Algunas de las características importantes para el mejoramiento del amaranto a futuro son precocidad, semillas grandes, adaptabilidad a ambientes nuevos, plasticidad genética y alto rendimiento (Jacobsen et al., 2000).

El valor nutritivo del amaranto es parecido al de la quinua, con un alto contenido de aminoácidos esenciales. Sin embargo, el amaranto no tiene la misma resistencia al frío, por lo que se lo siembra en los valles interandinos. El amaranto tiene la ventaja frente a la quinua de

no contener saponinas, por lo que no requiere del proceso de desaponificación además no representa un riesgo para el consumo ni para el medio ambiente.

- **Nombre científico:** *Amaranthus Caudatus l*
- **Centro de origen:** América, zona andina
- **Usos:** alimentación humana directa o para alimentación animal (balanceados)

Variedades de Amaranto.

Amaranto INIAP Alegría

La variedad INIAP Alegría fue obtenida por selección de la variedad Alan García, introducida del Cusco (Perú) y seleccionada en la Estación Experimental Santa Catalina entre 1987 y 1988.

Después de varios años de investigación de la adaptabilidad, manejo agronómico, procesamiento y calidad del grano, fue entregada en 1994 como variedad mejorada.

La investigación y promoción fue retomada en el año 2001 en el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. De esta fecha hasta la presente, se ha evaluado desde la provincia de Imbabura hasta Cañar y se ha planificado una fuerte campaña para su introducción definitiva en los sistemas de producción de la Sierra ecuatoriana y el consumo humano.

Características importantes

Es una variedad de amaranto de grano blanco que revienta con mucha facilidad es precoz y se cosecha entre 5-6 meses, dependiendo de la altitud y lluvia. Esta variedad se adapta en localidades comprendidas entre 2000 a 2800 m de altura de manera óptima, siempre y cuando no se presenten heladas.

Produce de 1 a 3 t/ha en ambientes favorables por ser una planta C4 (la variedad tolera la sequía).

Cuadro 3. Descriptores de interés morfológico y agronómico del amaranto INIAP Alegría

<i>Tipo de crecimiento:</i>	<i>Herbáceo</i>
Tipo de ramificación:	Sencillo a ramificado
Tipo de raíz:	Pivotante
Color del grano:	Blanco-crema
Grano de primera (%):	80 a 90
Adaptación :	1800 a 2800 m

Fuente: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (2003)

2.4.3. CHOCHO

El chocho o tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es originario de la zona andina de Sudamérica. Es la única especie americana del género *Lupinus* domesticada y cultivada como una leguminosa (Blanco, 1982). Su distribución comprende desde Colombia hasta el norte de Argentina, aunque actualmente es de importancia sólo en Ecuador, Perú y Bolivia. Un estudio realizado para determinar la importancia de los cultivos andinos en sus países de origen permitió determinar que en Perú, Bolivia, Ecuador y Chile el chocho se constituía en un rubro prioritario, mientras que en Argentina y Colombia constituía un rubro de prioridad media. (FAO, 1986).

Recientemente, el interés por el chocho ha aumentado en Europa debido a su alta calidad nutritiva, por ser una fuente valiosa de proteínas y grasa, con contenidos de 14 a 24% y de 41 a 51% respectivamente (Gross et al., 1988).

Tiene un gran potencial no solo para la alimentación humana, sino también para la alimentación de animales. Sin embargo, varias características desfavorables han obstaculizado su cultivo, en particular su crecimiento indeterminado y alto contenido de alcaloides.

Debido a su alto contenido de proteínas y grasa, el chocho es conocido como la soya andina.

En relación con otras leguminosas, el chocho contiene mayor porcentaje de proteínas y es particularmente rico en lisina (Popenoe et al., 1989). Además tiene una alta calidad de grasa, con 3 a 14% de ácidos grasos esenciales de la cantidad total de grasa; por lo que el aumento en el consumo de chocho podría conducir a una mejora de la salud y del estado nutricional de las poblaciones marginadas en Ecuador. Los crecientes niveles de obesidad en las zonas urbanas de América Latina (Uauy et al., 2001) también podrían enfrentarse con una mayor biodisponibilidad de productos ricos en ácidos grasos esenciales como el chocho,

especialmente en áreas donde la demanda no está siendo satisfecha actualmente. Además, las cualidades del chocho desde el punto de vista agrícola, pueden conducir a mejorar la salud de manera directa al disminuir los efectos negativos de la sobre exposición a plaguicidas o indirectamente al disminuir la contaminación ambiental. El chocho, al igual que otras leguminosas fija su propio nitrógeno y constituye un abono verde excelente, capaz de fijar 400 kg de nitrógeno por hectárea (Popenoe et al., 1989).

- **Nombre Científico:** *Lupinus Mutabilis sweet*
- **Centro de origen:** América, Zona Andina
- **Usos:** Alimentación humana directa.

Variedades de Chocho

Chocho INIAP 450 Andino

INIAP 450 ANDINO proviene de una población de germoplasma introducida del Perú en 1992. El mejoramiento genético se realizó por selección. Como línea promisoría fue evaluada en varios ambientes desde 1993.

En 1999 fue entregado oficialmente como variedad mejorada con el nombre de INIAP 450 ANDINO. Desde el año 2002 se evaluó con procesos participativos en Chimborazo, Bolívar y Cotopaxi y fue adaptada en muchas comunidades de estas provincias. Además, ha entrado con éxito en los sistemas de producción de la Sierra. Se cultiva desde Carchi hasta Loja.

Características importantes

Es una variedad de chocho o lupino de hábitat de crecimiento herbáceo, de grano grande de color blanco-crema.

Es una variedad precoz, se cosecha entre 6 y 8 meses, dependiendo de la altitud y la lluvia. Produce entre 2 a 3 t/ha en ambientes favorables (22 a 33 quintales por hectárea).

Cuadro 4. Descriptores de interés morfológico y agronómico del chocho INIAP 450 Andino

Tipo de crecimiento:	<i>Herbáceo</i>
Tipo de ramificación:	Basal
Tipo de raíz:	Pivotante
Color del grano:	Blanco-crema
Contenido de alcaloides (%):	3.92
Adaptación :	2600 a 3400 m

Fuente: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (2003)

2.4.4. QUINUA

Por alrededor de 7.000 años la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) ha sido cultivada en la región andina, donde ha sido apreciada por su valor nutritivo y durabilidad frente a condiciones ambientales difíciles. Su centro de origen se ubica en la región del Lago Titicaca, y fue un grano básico de la cultura Inca. Debido a su alto contenido de aminoácidos, ácidos grasos esenciales, minerales y elementos menores, es un producto altamente valioso para la dieta humana. En los últimos años, el cultivo de quinua en Ecuador ha sido considerado secundario, no solamente por la escasa superficie cultivada, sino por su bajo consumo per cápita (menos de 1 kg/persona/año) y bajo interés aparente de la población para incrementar su producción y consumo (Nieto, 1997). Desde la segunda mitad de la década de 1970, se observó en Ecuador un proceso acelerado de erosión genética de las plantas cultivadas, llegando a la casi extinción de varios cultivos andinos.

Todos estos factores propiciaron que los sistemas y arreglos de cultivo, junto con las especies y ecotipos nativos, fueran desplazados para dar paso al monocultivo comercial de características industriales, considerado como una alternativa negativa de la agricultura en otras latitudes.

Fruto de acciones de investigación y extensión, se ha logrado tanto el rescate y conservación del germoplasma como la producción de semillas de calidad, la generación de recomendaciones tecnológicas para su cultivo y su industrialización, así como la promoción del uso y consumo nacional e internacional.

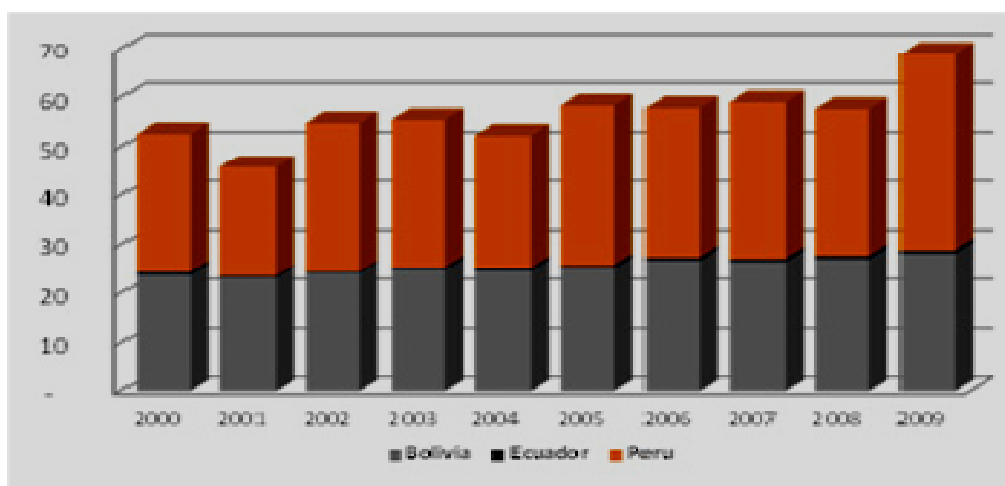
- **Nombre Científico:** *Chenopodium quinoa* Willdenow
- **Centro de origen:** América, Zona Andina

- **Usos:** Alimentación humana directa o balanceados para animales (trucha, tilapia, pollos, codornices).

Producción

Hoy en día, existen alrededor de 80.000 hectáreas dedicadas al cultivo de quinua a nivel mundial; la mayor parte de esta producción tiene lugar en los Andes. Durante la década de 1970 y 1980 debido a las importaciones libres de trigo barato proveniente de Norte América y a los cambios en la dieta, el área de producción de quinua en los Andes experimentó un fuerte descenso (Nieto, 2001). No obstante, en la última década debido a un renovado aprecio por los granos andinos en los mercados nacionales, en los Estados Unidos y Europa, la producción de quinua ha experimentado una tendencia al incremento.

Cuadro 5. Producción de quinua (miles de toneladas)



Fuente: FAO (2010)

Variedades de quinua

Quinua INIAP Tunkahuan

Se originó de una población de germoplasma recolectada en la provincia del Carchi (Ecuador) en 1985 y se seleccionó como material promisorio en 1986. En 1992 fue entregado oficialmente como variedad mejorada con el nombre de INIAP TUNKAHUAN, en homenaje a los antiguos pobladores de la provincia.

Del año 1992 hasta el año 1996 fue evaluada en diferentes ambientes de la Sierra Ecuatoriana por el programa de cultivos andinos, demostrando su gran adaptabilidad en áreas comprendidas entre 2400 y 3200 metros de altura.

Características importantes

Es una variedad de quinua con baja cantidad de saponina, por lo cual se considera dulce. Requiere un menor escarificado y cepillado del grano o menor cantidad de agua para eliminar las trazas de saponina. Es una variedad precoz, se cosecha entre 5- 7 meses dependiendo de la altitud y de la lluvia. La variedad presenta resistencia parcial a microorganismo tales como ascoquita y susceptible a mildiu. Presenta muy buena adaptación a todas las provincias de la Sierra.

Cuadro 6. Descriptores de interés morfológico y agronómico de la quinua INIAP Tunkahuan

<i>Habita de crecimiento:</i>	<i>Erecto</i>
Tipo de raíz:	Pivotante
Tipo de ramificación:	Sencillo a ramificado.
Color del grano:	Blanco
Contenido de saponina (%):	0.06
Adaptación:	2200 a 3200 m

Fuente: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (2003)

Quinua INIAP Pata de Venado

La variedad INIAP Pata de Venado o Taruka Chaki se originó de una población (colección) obtenidos por intercambio de germoplasma con la estación experimental Patacamaya del ex Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA) en el año de 1983.

En el año 2001 se caracterizó y evaluó la colección nacional de quinua de grano blanco y de acuerdo con la precocidad, tolerancia al mildiu, bajo contenido de saponina y un buen potencial de rendimiento, dicha población fue seleccionada. Fue evaluada en forma participativa con agricultores en varias comunidades de las provincias de Carchi hasta Cañar; y se entregó oficialmente como variedad en el año 2005.

Características importantes

Es una variedad de quinua de bajo contenido de saponina, por lo que se le considera dulce. Es una variedad precoz se cosecha entre los 5 a 6 meses. Se adapta en localidades entre 3000 y 3600 m de altura.

Cuadro 7. Descriptores de interés morfológico y agronómico de la quinua INIAP Pata de Venado

<i>Habita de crecimiento:</i>	<i>Erecto</i>
Tipo de raíz:	Pivotante
Tipo de ramificación:	Sencillo.
Color del grano:	Crema
Contenido de saponina (%):	0.05
Adaptación:	3000 a 3600 m

Fuente: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (2003)

2.4.5. AMARANTO SANGORACHE (amaranto negro)

No se dispone todavía de variedades mejoradas. El banco de germoplasma de ataco o sangorache del INIAP, compuesto de 141 colecciones han sido caracterizados y evaluados en los últimos 5 años. De esta evaluación se han identificado algunas poblaciones, ecotipos o colecciones con características promisorias, como la ECU 069, 082, 4697, Chimborazo e Imbabura.

El interés y la demanda inicial de este grupo en los EEUU, ha hecho que grupos privados y de agricultores manifiesten la necesidad de tecnologías mejoradas.

En el año 2009, se ha puesto de manifiesto el interés del Gobierno a través del Ministerio de Salud, para trabajar en alternativas que permitan luchar contra la desnutrición, anemia (hambre oculta), etc., promocionando el uso y diversificación de alimentos ricos en aminoácidos esenciales, minerales como el zinc y hierro, etc.

Características importantes

El ataco o sangorache presenta variedades que producen grano negro. El grano revienta con cierta facilidad al contacto con el calor. Es semiprecoz, se cosecha entre 5 a 7 meses dependiendo de la altura y lluvia.

Las variedades criollas están adaptadas en localidades comprendidas entre 2000 y 2800m de altura de manera óptima, siempre y cuando no se presenten heladas. Produce entre 500 a 1500 kg/ha en ambientes favorables. Al ser una planta C4, las variedades toleran la sequía.

- **Nombre Científico:** *Amaranthus hybridus* L.
- **Centro de origen:** América, Zona Andina
- **Usos:** Alimentación humana e industrial.

Cuadro 8. Descriptores de interés morfológico y agronómico del sangorache.

Tipo de crecimiento:	<i>Erecto</i>
Tipo de ramificación:	Sencillo a ramificado
Tipo de raíz:	Pivotante
Color del grano:	Negro
Adaptación :	1800 a 3000 m

Fuente: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (2003)

2.4.6. ANTINUTRIENTES

En muchos de los alimentos que consumimos existen de forma natural una serie de sustancias capaces de disminuir e incluso impedir la absorción y utilización por nuestro organismo de determinados nutrientes (Mitjavila, 1990). De este modo alimentos tan básicos en la dieta humana como son los alimentos de origen vegetal presentan muchas de dichas sustancias. Teniendo en cuenta los nutrientes sobre los que actúan, se pueden considerar tres tipos de antinutrientes (SEDCA, 2006):

- Sustancias que afectan a las proteínas
- Antivitaminas
- Sustancias que dificultan la absorción de determinados minerales, entre los que destacan:

-El ácido oxálico que se encuentra en verduras y hortalizas (espinacas, remolacha, apio), frutas (fresa, frambuesa), cacao, té.

-El ácido fítico presente en los cereales y algunas legumbres, y que es desarrollado ampliamente en este trabajo.

Ácido fítico recuerdo histórico

El descubrimiento de la molécula de ácido fítico data de (1855-1856), cuando Hartig aisló pequeñas partículas desprovistas de almidón en semillas de algunas plantas. En 1872, Peffer

caracterizó estas partículas más ampliamente comprobando que eran partículas de superficie lisa, forma esférica, libres de nitrógeno y sugirió que eran una combinación de fósforo y carbohidratos.

Características generales del ácido fítico

El ácido fítico es el principal antinutriente presente en los cereales. Se sabe que se halla presente a altas concentraciones en granos de cereales y en legumbres (1-2 %), y puede inhibir de forma significativa la absorción de minerales mediante la formación de complejos insolubles con minerales de interés nutricional como el hierro no hemo, el calcio y el zinc (Hurrell *et al.*, 1992), impidiendo su absorción y alterándose de este modo la homeostasis mineral. Asociado a esto pueden aparecer problemas en la salud tan importantes como alteraciones en el crecimiento de los niños, anemia, disfunciones reproductivas, cáncer, enfermedades cardíacas o alteraciones inmunológicas. Los seis grupos fosfato en la molécula de ácido fítico le otorgan una elevada capacidad quelante de cationes divalentes.

Bajo las condiciones de pH intestinal se forman quelatos insolubles que impiden la absorción de los minerales a nivel digestivo en el hombre y los animales. Distintos estudios han comprobado que el ácido fítico también produce una disminución en la digestibilidad de lípidos, proteínas y almidón (Frías, 2003).

Sin embargo, el consumo de ácido fítico no sólo tiene efectos negativos sobre la salud. Se sabe que también tiene gran capacidad de inhibir la formación de radicales hidroxilo catalizada por hierro al unirse al hierro libre y bloquear de este modo la reacción.

Existen algunos estudios que relacionan el consumo de ácido fítico en la dieta con una disminución en la incidencia de algunos tipos de cáncer como el de colon o mama. De hecho, estudios epidemiológicos muestran una baja incidencia de cáncer en poblaciones con dieta eminentemente vegetariana (Chen *et al.*, 2005). Los cereales son una importante fuente de proteínas, vitaminas y minerales; los mismos que contribuyen a cubrir las necesidades nutricionales de la población en general fundamentalmente de los países en desarrollo (FAO, 1987).

Desafortunadamente la mayoría de ellos contienen un importante antinutriente el ácido fítico, que es un elemento indeseable porque puede producir deficiencias en minerales, afectando fundamentalmente a grupos de alto riesgo, tales como niños, mujeres en embarazo y lactancia, y ancianos (Davies, 1979). Los fitatos han sido intensamente estudiados especialmente en los últimos años, ya que se ha extendido el uso de enzimas en alimentación animal a fin de disminuir el contenido en ácido fítico en los piensos (Frías *et al*, 2003).

La capacidad que el organismo humano presenta para degradar dicho ácido fítico es insuficiente (Nelson, 1967; Erdman, 1979); lo que provoca interferencias en la absorción de minerales esenciales derivado del consumo de estos alimentos, adquiriendo el fitato el carácter de antinutriente y pudiéndose desencadenar un desequilibrio alimentario los procesos patológicos descritos anteriormente.

Es de una gran importancia el tratamiento de los alimentos a fin de destruir los fitatos que impiden una adecuada absorción de minerales por parte del organismo, aumentando así la biodisponibilidad de los mismos. El empleo de métodos enzimáticos es altamente efectivo a este fin, adquiriendo un importante papel en la prevención de numerosas enfermedades derivadas de una inadecuada nutrición mineral. Se sabe que la enzima fitasa es capaz de degradar el ácido fítico (IP6) a sus productos de hidrólisis mediante rotura del enlace ester, reduciéndose el número de fosfatos y quedando IP5, IP4, IP3 y posiblemente inositoles di y monofosfato (IP2 e IP1). De ellos, el IP5 e IP4 tienen capacidad de producir efecto negativo en la biodisponibilidad mineral (Sandberg *et al*, 1999).

Los alimentos infantiles elaborados a partir de harinas procedentes de cereales pueden presentar compromiso en la biodisponibilidad de determinados minerales; por ello, es de gran importancia tratar de establecer los tratamientos tecnológicos necesarios para que la utilización de estos nutrientes esenciales sea la máxima en una etapa de la vida como es la infancia en la que las enfermedades carenciales pueden suponer secuelas para toda la vida.

Estructura y nomenclatura

Anderson (1914) propuso la primera estructura de la molécula de ácido fítico comprobada y aceptada actualmente. El ácido fítico consiste en un anillo de inositol esterificado con seis

grupos de ácido fosfórico. Dependiendo de la posición de éstos en el anillo (axial o ecuatorial) podemos encontrar nueve isómeros distintos. En las plantas se ha aislado el *myo*-inositol, también llamado ácido fítico y cuya estructura química se muestra a continuación:

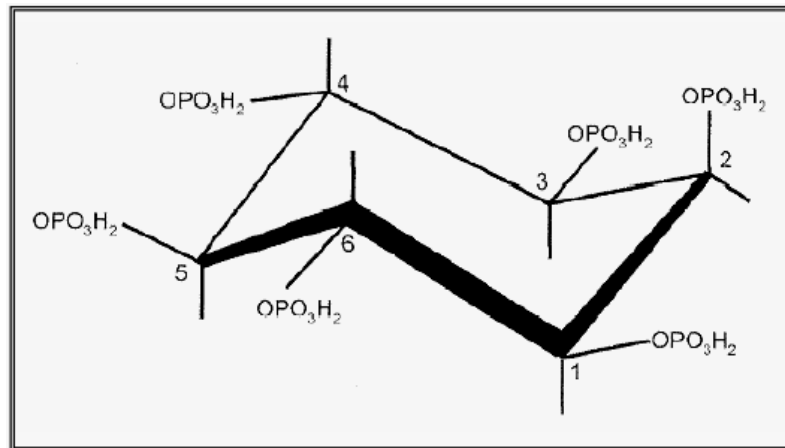


Figura 2. Estructura del *myo*-inositol 1,2,3,4,5,6 hexakis 2.2.1.2.

Fuente: (Egli, 2001).

Ácido fítico en las plantas

El ácido fítico es en las plantas el mayor depósito de fósforo de que éstas disponen, ya que del fósforo total presente en las plantas un 60-90% se encuentra en forma de fitato (Cherian, 1980). Es sintetizado a partir de glucosa 6-P y se localiza en los granos y semillas de cereales, legumbres y oleaginosas; encontrándose también en el polen, tubérculos, frutas y otros vegetales (McCance y Widdowson, 1935). En este sentido, el contenido en ácido fítico de las plantas está altamente correlacionado con el contenido total de fósforo, por lo que Lolas *et al.* (1976) propusieron que el contenido en ácido fítico podría ser estimado mediante la determinación del fósforo total. No obstante, actualmente la determinación del contenido en ácido fítico a través de la determinación del contenido en fósforo no es del todo aceptable.

Las variaciones en el contenido de ácido fítico que se producen como consecuencia de las condiciones, localización y año de cultivo aplicación de fertilizantes y variedad del cultivo se ha comprobado en distintos cereales y legumbres (Raboy *et al.* 1991).

2.4.7. INFLUENCIA DEL PROCESADO INDUSTRIAL SOBRE EL ÁCIDO FÍTICO.

Siendo la infancia un periodo de la vida en el que existe elevado riesgo de padecer deficiencias nutricionales, fundamentalmente de minerales como el hierro o el zinc; adquiere una gran importancia el suministro de alimentos que proporcionen las cantidades adecuadas de todos los nutrientes necesarios (Hurrell, 1992). Por ello, es necesario el tratamiento tecnológico de los alimentos infantiles a fin de enriquecer los mismos con determinados nutrientes, añadir compuestos que favorezcan la absorción mineral o bien aplicar un determinado procesado tecnológico sobre los alimentos infantiles para eliminar determinadas sustancias antinutrientes presentes naturalmente en las materias primas utilizadas, fundamentalmente cereales, y que ocasionan una disminución en la absorción mineral.

Uno de los principales antinutrientes que produce una disminución en la absorción de los minerales presentes en los alimentos infantiles es el ácido fítico o inositol hexafosfato. Para disminuir su efecto se recurre a dos tratamientos, tales como son la extracción del ácido fítico presente, o la degradación del mismo mediante tratamiento enzimático exógeno (Hurrell, 1992).

Debido a que los quelatos o complejos que se forman entre el ácido fítico y los cationes multivalentes son insolubles y por lo tanto no se absorben ya que el organismo humano tiene una limitada capacidad para hidrolizar los enlaces éster que se forman entre los grupos fosfato y el anillo de ciclohexano es fácil predecir que existe una elevada posibilidad de que una dieta con un elevado contenido en ácido fítico produzca una deficiencia en la absorción de minerales (Febles *et al*, 2001).

Durante el procesado y almacenamiento de los alimentos, el inositol hexafosfato o ácido fítico puede ser parcialmente desfosforilado dando lugar a inositoles con un menor número de fosfatos e incluso a inositol libre (Chen, 2005). Por tanto, los alimentos procesados pueden contener una mezcla de isómeros de inositoles fosfato en número variable, pudiendo interactuar con otros componentes del alimento. Los isómeros resultantes de la hidrólisis del ácido fítico presentan una capacidad parcial de quelar minerales (Fredlund *et al*, 2003).

Algunos isómeros del inositol fosfato como IP3 e IP4 presentan funciones fisiológicas como mensajeros intracelulares, efectos antiinflamatorios y prevención de complicaciones derivadas de la diabetes. La posición de los grupos fosfato en el anillo de inositol es de gran importancia

en sus propiedades fisiológicas. Estudios de biodisponibilidad han demostrado que IP3 e IP4 por separado no son capaces de inhibir la absorción mineral (Chen, 2005).

Cuando están presentes en una mezcla de inositoles fosfato, IP3 e IP4 pueden actuar favoreciendo la acción negativa de otros inositoles de mayor número de fosfatos. Adquiere por tanto una especial importancia el desarrollo de métodos para la separación y determinación de los diferentes isómeros de inositoles fosfato en los alimentos.

Durante el proceso de la digestión, la germinación, almacenamiento o la fermentación de las semillas se produce la hidrólisis enzimática del ácido fítico debido a la activación de las fitasas endógenas. Esto induce la aparición de inositoles de bajo número de fosfatos, tales como inositol pentafofosfato, inositol tetrafosfato, inositol trifosfato, inositol difosfato e inositol monofosfato.

De ellos, los inositoles penta y tetrafosfato tienen capacidad de producir efecto negativo en la biodisponibilidad mineral (Porres *et al.*, 2001). El ácido fítico es el más potente inhibidor procedente de la dieta de la absorción de minerales, distintos estudios han demostrado que ejerce acción inhibitoria de la absorción de hierro (Hallberg *et al.*, 1989), zinc (Nävert *et al.*, 1985), calcio (Weaver *et al.*, 1991), magnesio (Bohn *et al.*, 2004), manganeso (Davidsson *et al.*, 1995), mientras que no ha demostrado ejercer acción inhibitoria sobre la absorción del cobre (Turnlund *et al.*, 1985). La mayor importancia en la salud pública recae en la acción inhibitoria que ejerce el ácido fítico sobre el hierro y el zinc. Mientras que diversos estudios han comprobado que los inositoles con un bajo número de fosfatos tales como IP3 e IP4 juegan un importante papel como segundos mensajeros y como mediadores de la respuesta celular.

Los cereales y legumbres suelen ser procesados antes de su consumo humano con el fin de aumentar su digestibilidad. Los métodos de procesado más comunes incluyen tratamientos térmicos, como el cocinado, autoclavado, remojo, germinación y fermentación. Estos procesos pueden modificar el contenido en ácido fítico mediante degradación enzimática y/o no enzimática (Egli, 2001).

2.4.8. INFLUENCIA DEL ÁCIDO FÍTICO EN LA BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

El ácido fítico puede interaccionar con diferentes componentes de los alimentos. En la Figura se muestra la posible interacción con minerales, elementos traza, proteínas y almidón.

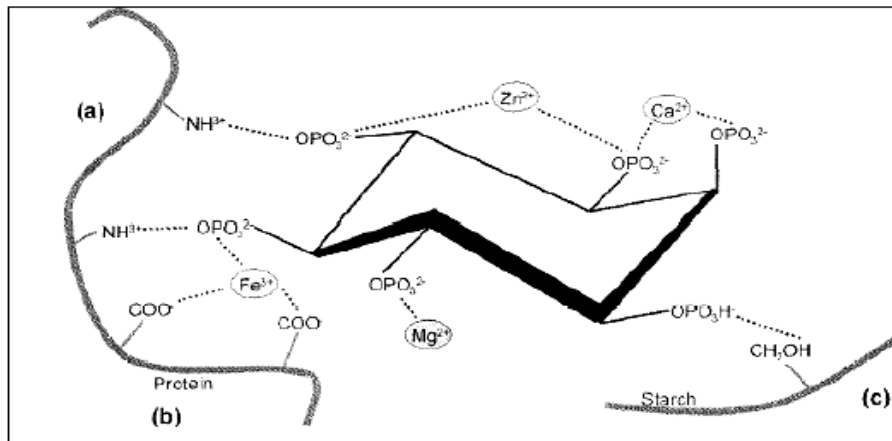


Figura 3. Posibles interacciones del ácido fítico con minerales, elementos traza, proteínas y almidón.

Fuente: Egli, 2001.

Interacción con proteínas y almidón

El ácido fítico interfiere en la digestibilidad y disponibilidad de las proteínas y su efecto depende de las características del complejo ácido fítico-proteína formado; el cuál varía en función del tipo de proteína, del pH y de la temperatura. Existen discordancias en los resultados obtenidos sobre la interacción entre el ácido fítico y las proteínas, éstas podrían estar debidas a la distinta naturaleza de las proteínas presentes en los alimentos (Carnovale *et al.*, 1988), mientras que otros autores han atribuido este efecto negativo a la capacidad que presenta el ácido fítico de inhibir enzimas digestivas con actividad proteolítica (Deshpande y Damodaran, 1989).

Esta actividad parece estar debida a las condiciones de pH ácido que necesita la pepsina para actuar, se forman uniones electrostáticas entre el ácido fítico y la pepsina, habiéndose observado igualmente que a pH 3 el ácido fítico forma complejos insolubles con la tripsina (Martínez *et al.*, 2002).

El ácido fólico actúa sobre la digestibilidad del almidón disminuyéndola, produciendo un lento incremento de los niveles de glucosa en sangre a partir de alimentos que contienen ácido fólico (Thompson, 1988), lo cual se debe a la unión que se produce entre el ácido fólico y el almidón, a su vez a la unión con la amilasa y al calcio que es necesario para su actividad enzimática, modificando así su grado de gelatinización o su accesibilidad para las enzimas digestivas. Además influye en la respuesta sanguínea a la glucosa por producir retardo del vaciado gástrico (Martínez *et al.*, 2002).

Interacción con minerales y elementos traza

Varios factores alimentarios han sido descritos como inhibidores de la absorción de elementos traza, entre los más importantes se encuentra el ácido fólico (Martínez *et al.*, 2002).

La estabilidad de los complejos formados entre el ácido fólico, los minerales y elementos traza depende del pH, de la relación molar ácido fólico–mineral y del mineral en sí mismo. Desde el punto de vista nutricional adquiere una gran importancia el estudio de la influencia del ácido fólico sobre minerales de la dieta. En general, los complejos formados por tres a seis iones metálicos por cada molécula de ácido fólico son insolubles, mientras que los formados por uno o dos iones metálicos son solubles. Sin embargo, estos últimos sólo están presentes a elevados cocientes molares fólico–mineral.

Existen pocos estudios en la literatura consultada que investiguen la relación entre los niveles de ácido fólico y la absorción de hierro en humanos (Hurrell, 1992). Según él, la degradación del ácido fólico adquiere una gran importancia nutricional ya que ha demostrado que una disminución de sus niveles en el alimento incrementa la biodisponibilidad de minerales esenciales en la alimentación.

Se ha comprobado que la degradación del ácido fólico es tecnológicamente posible y que mejora de un modo significativo la absorción de minerales por el organismo, lo cual cobra una particular importancia durante la infancia. Una alternativa a la degradación del ácido fólico y que es empleada en la industria alimentaria es la adición de determinados compuestos que tienen la capacidad de unirse al hierro produciendo la reducción del hierro en estado férrico al estado ferroso (el cual presenta una menor capacidad de unirse al ácido fólico). El ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) y la vitamina C han demostrado tener la capacidad de incrementar la absorción del hierro en alimentos ricos en ácido fólico (Hurrell, 2004).

2.4.9. BIODISPONIBILIDAD MINERAL

La biodisponibilidad de un nutriente, depende de los procesos de digestión de los alimentos, absorción del nutriente y disponibilidad del mismo para las funciones metabólicas (Schümann *et al.*, 1994). Siendo por tanto el resultado de tres etapas:

1. La digestibilidad y la solubilidad del elemento mineral en el tracto gastrointestinal.
2. La absorción y transporte a la circulación.
3. La incorporación del elemento mineral a una entidad funcional.

(Fairweather-Tait *et al.*, 1996; Wienk *et al.*, 1999)

Existen un gran número de factores que influyen de una u otra forma sobre la biodisponibilidad mineral, entre los más importantes se encuentran los factores dietéticos, los cuales son determinantes principalmente sobre la etapa 1 que incluyen variables tales como el aporte total del elemento en la dieta, la forma química en que este se encuentre, su solubilidad, así como las interacciones con otros elementos presentes. Sobre las etapas 2 y 3, influyen factores como la edad del individuo, factores fisiológicos como el embarazo o la lactancia, el estado nutricional, determinadas situaciones patológicas, la flora intestinal así como la capacidad individual de adaptación a los aportes de nutrientes (Barberá y Farré, 1992).

Biodisponibilidad del hierro

Muchos estudios *in vivo* e *in vitro* se han llevado a cabo sobre la influencia que ejerce el ácido fítico en la absorción de hierro, debiéndose el primero de ellos a McCance *et al.* (1943). Se sabe que la ingesta crónica de alcalinos, fosfatos, fitatos y taninos ejerce una acción inhibitoria sobre la absorción de hierro (Lestienne *et al.*, 2005). Se ha determinado igualmente que en presencia de té la absorción de este mineral disminuye hasta el 60 % mientras que en la de café la absorción se reduce hasta el 40 % (Hurrell *et al.*, 1999; Pinggera, 2004).

Por su parte los fitatos (hexafosfatos de inositol) que se localizan en la fibra del arroz, el trigo y el maíz, y la lignina de las paredes de las células vegetales, constituyen potentes inhibidores de la absorción de hierro, debido a la formación de quelatos insolubles. En este sentido, se ha calculado que de 5 a 10 mg de fitatos pueden reducir la absorción del hierro a la mitad, lo que puede ser evitado por el consumo de pequeñas cantidades de carne y vitamina C que impiden la formación de estos quelatos, provocando un aumento de la absorción aún en presencia de

inhibidores (Engle-Stone *et al.*, 2005). El contenido de sustancias favorecedoras e inhibidoras de la absorción va a determinar la biodisponibilidad del hierro presente en la dieta. Sin embargo, durante la infancia y debido a que los cereales junto a las fórmulas lácteas componen una gran parte de la dieta por su elevado nivel energético (80 kcal/100 g), se hace particularmente importante la prevención de posibles carencias de minerales que podría ocasionar la presencia de una dieta rica en cereales y por tanto en ácido fítico (Berseth *et al.*, 2004).

Biodisponibilidad del calcio

Se sabe que una adecuada ingesta de calcio es de una gran importancia para un correcto desarrollo del esqueleto, siendo igualmente beneficioso para otros sistemas orgánicos (Heaney, 2006). El empleo de métodos *in vitro* para el estudio de la biodisponibilidad del calcio constituye una buena alternativa al empleo de métodos *in vivo*. Los métodos *in vitro* consisten en la simulación de la digestión gastrointestinal seguida de la determinación de la cantidad de calcio que es soluble en el lumen intestinal tras el proceso de digestión o de cuanto calcio dializa a través de una membrana de un cierto tamaño de poro. La solubilidad y la dializabilidad pueden ser utilizadas para establecer la tendencia de la biodisponibilidad del calcio (Perales *et al.*, 2005). El ácido fítico puede interactuar con la absorción del calcio y producir una reducción en la misma. La aparición de raquitismo y osteomalacia en poblaciones que consumen pan sin fermentar se atribuye a los altos niveles de ácido fítico en la dieta (Zhou y Erdman, 1995). Establecieron que una relación ácido fítico:calcio $>0,2$ puede causar una deficiencia de calcio en humanos. Tras estudiar en semillas de soja y en granos de cereales el impacto que el ácido fítico ejerce sobre la biodisponibilidad del calcio, observaron que esta disminuía de forma considerable. Fredlund *et al.* (2006) encontraron en los panecillos de trigo un efecto inhibitorio en la retención del calcio dosis dependiente de la cantidad de ácido fítico. No obstante, existen pocos estudios (Perales *et al.*, 2005) sobre el efecto que ejercen los factores de la dieta sobre la captación de calcio en alimentos infantiles y ninguno de ellos incluye una medida del transporte. Otros autores (Augspurger y Baker, 2004), concluyen que la incorporación de fitasa a la dieta puede ser una método eficaz de mejorar la utilización del calcio.

Biodisponibilidad del zinc

Los alimentos infantiles en general no se suelen suplementar con zinc, proviniendo este de un modo natural de sus ingredientes. No obstante, su biodisponibilidad puede verse disminuida por el suplemento que se hace de hierro y calcio, que pueden interferir en la absorción del zinc (Bosscher *et al.*, 2001). Se sabe que existe un efecto sinérgico entre el contenido en fitato y altos niveles en calcio de los alimentos con la absorción de zinc, de modo que la relación (fitato x calcio)/ zinc es utilizado frecuentemente como indicador de la biodisponibilidad del zinc (Bosscher *et al.*, 2001). Se sabe que la presencia de proteínas en la dieta tiene un efecto positivo en la absorción del zinc, si bien depende del tipo de proteína de la dieta, de modo que la caseína ejerce un leve efecto inhibitor sobre dicha absorción si se compara con otras fuentes proteicas. Asimismo, la proteína de soja intensifica la absorción del zinc (Viadel, 2002). También ejercen acción positiva sobre la absorción del zinc azúcares como la lactosa y la glucosa, aminoácidos como histidina y metionina, EDTA y ácidos orgánicos como láctico, cítrico y málico. También es importante conocer por otra parte que el zinc en dosis elevadas altera la absorción de hierro como sulfato ferroso, que es la forma en la que habitualmente se encuentra suplementando los alimentos (Lönnerdal, 1984).

La biodisponibilidad del zinc es en general más elevada cuando procede de alimentos de origen animal que cuando procede de alimentos de origen vegetal, de modo que la absorción de zinc en humanos varía de una forma considerable (5-50%) dependiendo de la composición de la dieta (Fairweather-Tait y Hurrell, 1996).

Recientemente, la Organización Mundial de la Salud (OMS), ha incluido el ratio fitato: zinc como criterio para categorizar dietas de acuerdo con la biodisponibilidad de su contenido en zinc (FAO/WHO, 1994).

Lönnerdal *et al.*, (1984) encontraron que el ácido fítico en una fórmula a base de soja ejercía un efecto negativo sobre la absorción del zinc disminuyéndola en un 16-31%. Nävert *et al.*, (1985) demostraron un incremento del doble en la absorción de zinc a partir de pan con su contenido en ácido fítico parcialmente degradado, mediante el empleo de isótopos radiactivos. Sandström *et al.*, (1987) encontraron un incremento en la absorción de zinc en diferentes cereales tras reducir su contenido en ácido fítico determinado mediante isótopos radiactivos. La absorción de zinc, determinada mediante isótopos radiactivos, a partir de productos procedentes de la avena se incrementó en un 18% tras la reducción del contenido en ácido fítico mediante el malteado de los mismos. Couzy *et al.*, (1998) estudiaron como en

individuos adultos, el ácido fítico en la leche de soja disminuye en gran medida la absorción de zinc. Hotz *et al.*, (2001 a) demostraron que una reducción del contenido de ácido fítico en el maíz tras un tratamiento casero, incrementó la biodisponibilidad del zinc en un 24-33%. tras analizar la biodisponibilidad del zinc en semillas de soja y granos de cereales comprobó que el ácido fítico afecta negativamente a la biodisponibilidad del zinc. Mediante estudios realizados en humanos con panecillos de trigo (Fredlund *et al.*, 2006), demostraron que el efecto inhibitorio que ejerce el ácido fítico sobre la absorción de zinc es dosis dependiente.

2.5. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

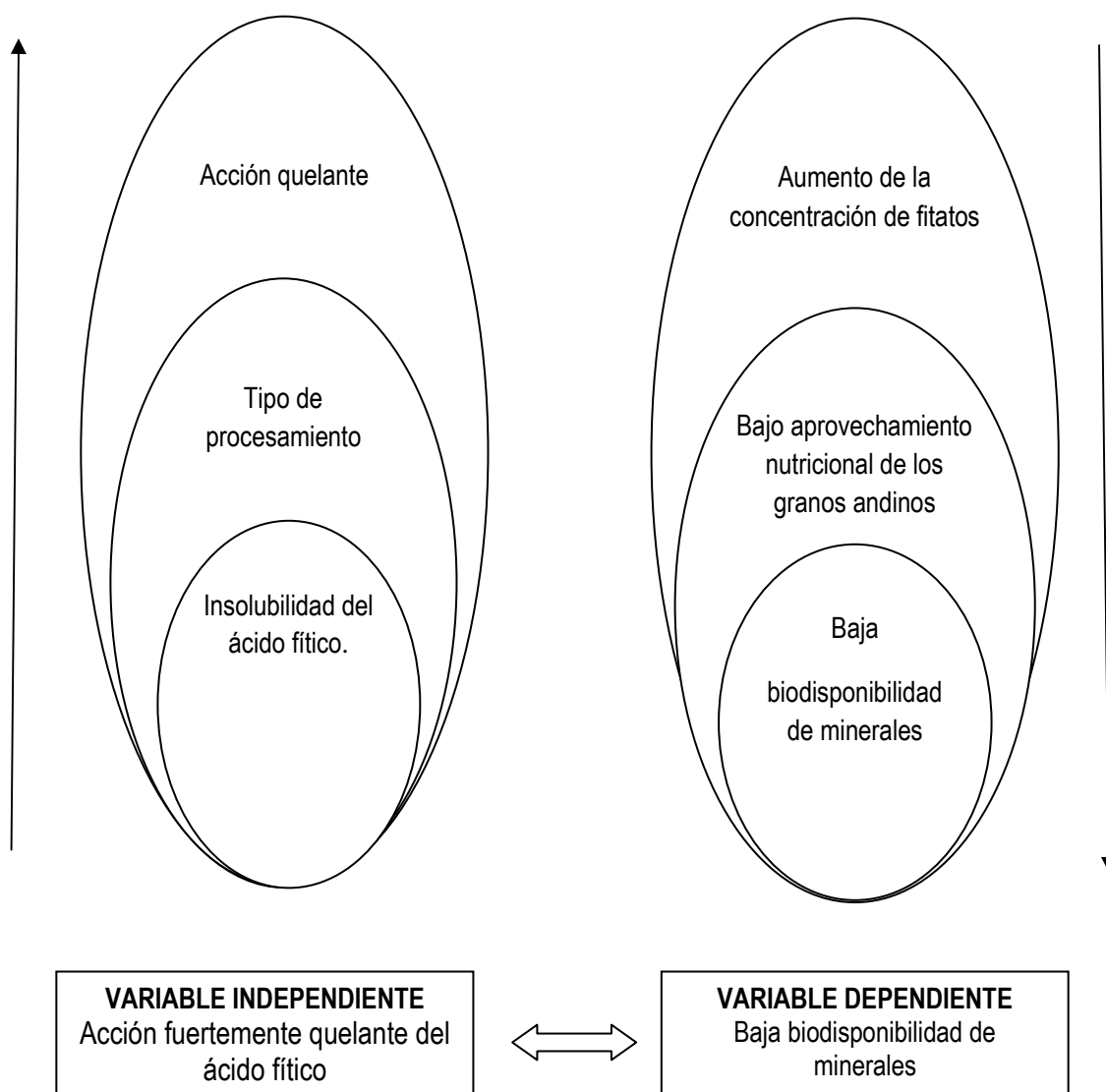


Figura 4. Categorías fundamentales

2.6. HIPÓTESIS

Hipótesis Nula Ho: La acción fuertemente quelante del ácido fítico como factor antinutricional no incide en la baja biodisponibilidad de minerales en los granos andinos del Ecuador

Hipótesis Alternativa Hi: La acción fuertemente quelante del ácido fítico como factor antinutricional incide en la baja biodisponibilidad de minerales en los granos andinos del Ecuador

2.6.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

2.6.1.1. CONTENIDO DE ÁCIDO FÍTICO EN LÍNEAS AVANZADAS DE Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE (amaranto negro).

TIPO DE DISEÑO

Se aplicó un diseño completamente al azar con tres observaciones por cada especie y/ o variedad.

Cuadro 9. Tratamientos para la determinación de ácido fítico en líneas /variedades de quinua.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	Variedad Pata De Venado
T2	Variedad INIAP-Tunkahuan

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 10. Tratamientos para la determinación de ácido fítico en líneas /variedades de chocho.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	ECU-2658-2
T2	ECU-8415
T3	ECU-2700-2
T5	Variedad INIAP-Andino 450

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 11. Tratamientos para la determinación de ácido fítico en líneas de sangorache.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	Ecu-17758
T2	082
T3	0069

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 12. Tratamientos para la determinación de ácido fítico en líneas /variedades de amaranto.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1	Variedad INIAP- Perucho
T2	Variedad INIAP-Alegría

Elaborado por: María Belén Riera

VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Se evaluó el contenido de ácido fítico.

2.6.1.2. EFECTO DE ALGUNOS PROCESOS SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO FÍTICO, EN LÍNEAS AVANZADAS DE Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE

Se evaluó el efecto del proceso de cocido, tostado y fritura sobre cada especie en estudio.

TIPO DE DISEÑO

Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial (AxB) de 2x 3 para el caso de la quinua, 4x3 para el chocho; 2x 3 para el amaranto y 3x3 para el sangorache, con tres repeticiones por tratamiento.

Cuadro 13. Tratamientos de la determinación del efecto del procesamiento en el contenido de ácido fítico en variedades de quinua

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Variedad Pata de Venado , cocido
a ₁ b ₂	Variedad Pata de Venado , tostado
a ₁ b ₃	Variedad Pata de Venado, frito
a ₂ b ₁	Variedad Tunkahuan , cocido
a ₂ b ₂	Variedad Tunkahuan , tostado
a ₂ b ₃	Variedad Tunkahuan, frito

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 14. Tratamientos de la determinación del efecto del procesamiento en el contenido de ácido fítico en líneas avanzadas de y/o variedades de chocho

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	ECU-2658-2, cocido
a ₁ b ₂	ECU-2658-2, tostado
a ₁ b ₃	ECU-2658-2, frito
a ₂ b ₁	ECU-8415, cocido
a ₂ b ₂	ECU-8415, tostado
a ₂ b ₃	ECU-8415, frito
a ₃ b ₁	ECU-2700-2, cocido
a ₃ b ₂	ECU-2700-2, tostado
a ₃ b ₃	ECU-2700-2, frito
a ₄ b ₁	Variedad INIAP-ANDINO, cocido
a ₄ b ₂	Variedad INIAP-ANDINO, tostado
a ₄ b ₃	Variedad INIAP-ANDINO, frito

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 15. Tratamientos de la determinación del efecto del procesamiento en el contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de amaranto.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Línea - Perucho, cocido
a ₁ b ₂	Línea - Perucho, tostado
a ₁ b ₃	Línea - Perucho, frito
a ₂ b ₁	Variedad INIAP-Alegría, cocido
a ₂ b ₂	Variedad INIAP-Alegría, tostado
a ₂ b ₃	Variedad INIAP-Alegría, frito

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 16. Tratamientos de la determinación del efecto del procesamiento en el contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de sangorache.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	ECU-17758, cocido
a ₁ b ₂	ECU-17758, tostado
a ₁ b ₃	ECU-17758, frito
a ₂ b ₁	ECU-082, cocido
a ₂ b ₂	ECU-082, tostado
a ₂ b ₃	ECU-082, frito
a ₃ b ₁	ECU-0069, cocido
a ₃ b ₂	ECU-0069, tostado
a ₃ b ₃	ECU-0069, frito

Elaborado por: María Belén Riera

ANÁLISIS FUNCIONAL

Para los tratamientos significativos se aplicó la prueba de Tukey al 5 %

VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Se evaluó el contenido de ácido fítico en las muestras procesadas

2.6.1.3. BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES EN LOS GRANOS MENCIONADOS TANTO CRUDOS COMO PROCESADO, CON LA TÉCNICA MÁS EFECTIVA IDENTIFICADA.

TIPO DE DISEÑO

Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial (AxB) de 2x2 en el caso de la quinua, para el chocho 2x4; para el amaranto 2x2 y 2x3 para el sangorache, con tres repeticiones por tratamiento.

Cuadro 17. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso en la biodisponibilidad de minerales en variedades de quinua.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Procesado, Tunkahuan
a ₁ b ₂	Procesado, Pata de Venado
a ₂ b ₁	No Procesado, Tunkahuan
a ₂ b ₂	No Procesado, Pata de Venado

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 18. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso en la biodisponibilidad de minerales en líneas avanzadas de y/o variedades de chocho.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Procesado, ECU-2658-2
a ₁ b ₂	Procesado, ECU-8415
a ₁ b ₃	Procesado, ECU-2700-2
a ₁ b ₄	Procesado, INIAP-Andino 450
a ₂ b ₁	No Procesado, ECU-2658-2
a ₂ b ₂	No Procesado, ECU-8415
a ₂ b ₃	No Procesado, ECU-2700-2
a ₂ b ₄	No Procesado, INIAP Andino 450

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 19. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso en la biodisponibilidad de minerales en líneas avanzadas de y/o variedades de amaranto.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Procesado, INIAP Alegría
a ₁ b ₂	Procesado, Línea – Perucho
a ₂ b ₁	No Procesado, INIAP Alegría
a ₂ b ₂	No Procesado, Línea – Perucho

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 20. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso en la biodisponibilidad de minerales en líneas avanzadas de y/o variedades de sangorache.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Procesado, ECU-17758
a ₁ b ₂	Procesado, ECU-082
a ₁ b ₃	Procesado, ECU- 0069
a ₂ b ₁	No Procesado, ECU-17758
a ₂ b ₂	No Procesado, ECU-082
a ₂ b ₃	No Procesado, ECU-0069

Elaborado por: María Belén Riera

ANÁLISIS FUNCIONAL

Para los tratamientos significativos se aplicó la prueba Tukey al 5%

VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Se evaluó la biodisponibilidad de minerales en los tratamientos especificados.

2.6.1.4. CONTENIDO DE LISINA DISPONIBLE Y LA DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA, EN LÍNEAS AVANZADAS DE Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE PROCESADO Y NO PROCESADO (CRUDO).

TIPO DE DISEÑO

Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial (AxB) de 2x2 en el caso de la quinua, en el chocho 2x4; para el amaranto 2x2; para el sangorache 2x3, con tres repeticiones por tratamiento.

Cuadro 21. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso sobre la biodisponibilidad de lisina y la digestibilidad de la proteína, en variedades de quinua

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Procesado, Tunkahuan
a ₁ b ₂	Procesado, Pata de Venado
a ₂ b ₁	No Procesado, Tunkahuan
a ₂ b ₂	No Procesado, Pata de Venado

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 22. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso sobre la biodisponibilidad de lisina y la digestibilidad de la proteína, en líneas avanzadas y/o variedades de chocho

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Procesado, ECU-2658-2
a ₁ b ₂	Procesado, ECU-8415
a ₁ b ₃	Procesado, ECU-2700-2
a ₁ b ₄	Procesado, INIAP-Andino 450
a ₂ b ₁	No Procesado, ECU-2658-2
a ₂ b ₂	No Procesado, ECU-8415
a ₂ b ₃	No Procesado, ECU-2700-2
a ₂ b ₄	No Procesado, INIAP Andino 450

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 23. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso sobre la biodisponibilidad de lisina y la digestibilidad de la proteína, en líneas avanzadas de y/o variedades de amaranto.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Procesado, INIAP Alegría
a ₁ b ₂	Procesado, Línea – Perucho
a ₂ b ₁	No Procesado, INIAP Alegría
a ₂ b ₂	No Procesado, Línea – Perucho

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 24. Tratamientos de la determinación del efecto del proceso sobre la biodisponibilidad de lisina y la digestibilidad de la proteína, en líneas avanzadas de sangorache.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
a ₁ b ₁	Procesado, ECU-17758
a ₁ b ₂	Procesado, ECU-082
a ₁ b ₃	Procesado, ECU-0069
a ₂ b ₁	No Procesado, ECU-17758
a ₂ b ₂	No Procesado, ECU-082
a ₂ b ₃	No Procesado, ECU-0069

Elaborado por: María Belén Riera

ANÁLISIS FUNCIONAL

Para los tratamientos significativos se aplicó la prueba Tukey al 5%

Variables y métodos de evaluación

Se evaluó la biodisponibilidad de lisina y la digestibilidad de la proteína para los tratamientos especificados.

2.7. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

Variable Independiente:

Acción fuertemente quelante del ácido fítico

Variable Dependiente:

Baja biodisponibilidad de minerales

Términos de relación:

La, como factor antinutricional incide, en la, en los

Unidad de observación:

Granos andinos del Ecuador

2.8. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

2.8.2. Acondicionamiento de la muestras.

En los granos andinos se determinó el contenido de humedad para expresar los resultados en base seca. Todas las muestras fuerón molidas y tamizadas por una malla de 0.5 mm de diámetro con el fin de obtener harina fina, la que se almacenó en refrigeración hasta el momento del análisis.

2.8.3. Método de campo.

El chocho, amaranto, quinua y sangorache (amaranto negro) fueron cultivados en la granja del Colegio Simón Rodríguez, Provincia de Cotopaxi.

Una vez cosechados se transportaron al laboratorio, se sometieron a secado para disminuir la humedad a un nivel del 12%. Los granos secos fueron molidos a un tamaño de partícula de 20 mesh.

2.8.4. Métodos de laboratorio

Método. CUANTIFICACIÓN DE FITATOS TOTALES POR COLORIMETRÍA PROANCO 02

Agry., Birda, A., Miller, D., Komaitis, M., 2009. Proceeding relative concentration of bioavailable iron in foods using in vitro digestión. Department Food Science and Technology Agricultural University of Athens and Cornell.

ALCANCE

Este método se utiliza para la determinación y cuantificación de fitatos en harinas y alimentos previamente liofilizados y molidos finamente.

PRINCIPIO

El ácido fitico es un componente natural de las plantas y su estructura, es de gran interés en estudios nutricionales debido a su capacidad de complejar ciertos minerales de gran importancia.

Latta y Eskin (1980) desarrollaron el método espectrofotométrico más importante para la determinación de fitatos, el cual se basa en la decoloración de un complejo púrpura de Fe⁺³ ácido sulfosalicílico (reactivo Wade) producido en presencia del ácido fitico y posteriormente leído a 500 nm

PROCEDIMIENTOS

- Se pesa 0.5 g de de cada una de las muestras en tubos de Falcón.
- Se agrega 20 ml de HCl 0.65 M y se coloca durante dos horas en un agitador.
- Transcurridas las dos horas de agitación de las muestras se centrifugan a 6000 rpm durante un período de 15 min.
- Después de centrifugadas las muestras, éstas se pasan por un equipo de filtración al vacío.
- Los extractos filtrados de las muestras se recolectan en tubos falcón de 50ml y luego son almacenados a una temperatura de -20° C

Purificación de fifatos

- Para la realización de la purificación de las muestras, los extractos filtrados se descongelan y se toman alícuotas de 3 ml las cuales se colocan en tubos falcón y se diluye a 15 ml de agua 18 MΩ.
- Seguido se acoplan los cartuchos de intercambio iónico AG 1-x8 (Biorad).
- Se acondicionan los cartuchos con 5 ml de solución de HCl 0.2 M.
- Se cargan los extractos de las muestras en los cartuchos de intercambio iónico a un flujo de 300 µL/min.
- No se debe dejar secar la fase estacionaria del cartucho.
- Después de cargada la columna se lava con 10 ml de solución de NaCl 0.07 M.
- Se eliminan los fosfatos y de inositol fosfato poco fosforilados.
- Los fifatos purificados se eluyen con 10 ml de NaCl y se recolectan en tubos falcón de 15 ml.

Cuantificación de fifatos

Para realizar la cuantificación de fifatos a las muestras, se realiza el siguiente procedimiento:

- Se prepara el reactivo de wade modificado (RWn), en el cual contiene 0.030 % $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{K}_2\text{O}$ y 0.30% de ácido 5-sulfosalicílico dihidratado.
- Luego se toman 3 ml de extracto de fifatos purificados y se adiciona 1 ml de reactivo de wade.
- Se agita en un Vortex y se centrifuga a 3000rpm en un equipo.
- Se lee la absorbancia de la mezcla. (Reactivo de wade con mayor absorbancia de 500 nm)

Metodo 2. DETERMINACIÓN DE ÁCIDO FÍTICO (FITATO) / FÓSFORO TOTAL MEDIDO COMO FÓSFOROS LIBERADO POR FITASA Y FOSFATASA ALCALINA

Megazyme Internacional Ireland Limited (2007). K-PHYT05/07

Principio:

Dada la complejidad de la purificación y la medición de ácido fítico separada de las formas más bajas de fosfato myo-inositol, Megazyme ha desarrollado un método simple, cuantitativa (K-Phyt) para medir el total de "fósforo".

Este método involucra la extracción de fosfatos de inositol ácido seguido de un tratamiento con fitasa que es específica para el ácido fítico (IP6) y las formas inferiores de myo-inositol fosfato (IP2 es decir,

IP3 , IP4, IP5). El tratamiento posterior con fosfatasa alcalina garantiza la liberación del fosfato final del fosfato de mio-inositol (IP1), que es relativamente resistente a la acción de la fitasa.

A. EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA:

Pesar con precisión aproximadamente 1 g de material de la muestra en un vaso de vidrio de 75 ml. Añadir 20 ml de ácido clorhídrico (0,66 M), cubra el recipiente con papel aluminio y agitar vigorosamente por un mínimo de 3 horas a temperatura ambiente.

Transferir 1 ml del extracto y centrifugar a 13.000 rpm durante 10 min. Inmediatamente transferir 0,5 ml del extracto resultante sobrenadante a un nuevo tubo de microcentrífuga y neutralizar mediante la adición de 0,5 ml de solución de hidróxido de sodio (0,75 M). Utilice la muestra neutralizada extracto en el procedimiento desfosforilación reacción enzimática se describe a continuación.

B. REACCIÓN DESFOSFORILACIÓN ENZIMÁTICA:

Temperatura: ~ 40 ° C

Volumen final: 1,39 ml

Pipetear en tubos de microcentrífuga de 1,5 ml	Libre Fósforo	Fósforo Total
El agua destilada	0.62ml	0.60ml
Solución 1 (tampón de acetato de sodio)	0.20ml	0.20ml
Extracto de la muestra	0.05ml	0.05ml
Suspensión 2 (fitasa)	-----	0.02ml
Mezclar con vórtex e incubar en un baño de agua a 40 ° C durante 10 min. Después de 10 minutos, comenzará la próxima reacción por la adición de		
Agua destilada	0.02ml	-----
Solución 2 (tampón glicina)	0.20ml	0.20ml
Suspensión 4 (ALP)	-----	0.02ml
Mezclar con vórtex e incubar en un baño de agua a 40 ° C durante 15 min después de 15 minutos, detener la reacción por la adición de.:		
El ácido tricloroacético (50% w / v)	0.30ml	0.30ml
Centrifugar la reacción termina a 13.000 rpm durante 10 min. No mezcle el tubo después de la centrifugación. Pipeta con cuidado el sobrenadante para la determinación colorimétrica de fósforo (véase la sección C).		

C. COLORIMÉTRICOS DETERMINACIÓN DEL FÓSFORO:

Longitud de onda: 655 nm

Temperatura: ~ 40 ° C

Final volumen: 1,5 ml

Solución de la muestra: 0,5-7,5 ug de fósforo en (un volumen de 1.0 ml de muestra)

Pipetear a 1,5 ml de muestra	Muestra
muestra o estándar	1.00ml
fósforo reactivo de color	0.50ml
Mezclar con vórtex e incubar en un baño de agua a 40 ° C durante 1 hora. Después de 1 hora, mezclar con vórtex y transferir 1 ml a una cubeta semi-micro y leer la absorbancia a 655 nm a menos de 3 horas.	

D. PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN FÓSFORO:

Preparar las soluciones estándar de fósforo como se describe en la tabla de abajo y tratar como muestras para la determinación colorimétrica de fósforo. Estable durante 1 semana a 4 ° C.

Pipetear en tubos de polipropileno 13ml	<i>STDO</i> (0ug)	<i>STD 1</i> (0.5ug)	<i>STD 2</i> (2.5ug)	<i>STD 3</i> (5ug)	<i>STD 4</i> (7.5ug)
Agua destilada	5.00ml	4.95 ml	4.75 ml	4.50ml	4.25ml
Fósforo sol estándar. 5	-----	0.05 ml	0.25ml	0.50ml	0.75ml
El volumen total	5.00ml	5.00ml	5.00ml	5.00ml	5.00ml

Metodo 3. DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE PROTEÍNA

HSU, (1977) adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.

Alcance

Este método se utiliza para cuantificar el porcentaje de proteína digerible que se encuentra en alimentos o harinas, mediante un método de determinación *in vitro*.

Principio:

Una forma de evaluar la calidad de la proteína es considerar el grado de digestibilidad de esta, por ello se realiza un análisis por medio de un método *in vitro*, donde se toma como referencia los protocolos de Hsu. 1977 y McDonough, et al. 1990. Este método de determinación de digestibilidad de proteína se halla a través de la simulación de un proceso digestivo con enzimas de origen animal, como son: Tripsina, Chymotripsina y Peptidasa Pancreática.

Procedimiento

Medición de la digestibilidad de proteína.

Para la medición de la digestibilidad de la proteína se debe hacer un análisis previo para determinar el contenido de nitrógeno de las muestras a analizar. Seguido de este análisis se toman las muestras por triplicado y se determina su digestibilidad de la siguiente manera:

- Se pesa en tubos Falcon, una cantidad de muestra que contenga 10 mg de Nitrógeno y se disuelve en 2.5 ml de agua 18 MΩ
- Luego se procede a adicionar 2.5 ml de NaOH al 0.2 N y se hace una incubación de la solución por un periodo de 30 minutos en un baño de agua con una temperatura de 37 °C.
- Después de transcurrido los 30 minutos, se agrega 5.0 ml de HCl 0.075N a la solución.
- Se ajusta el pH a 8.0.
- Se mantiene la solución con una temperatura de 37 °C.
- Una vez ajustado el pH y mantenida la temperatura 37 °C, se agregan 2 ml de la solución multienzimática a cada una de las muestras, en donde se presenta un rápido descenso del pH, el cual es causado por la liberación de aminoácidos con grupos carboxílicos presentes en la proteína debido a la acción de enzimas proteolíticas.
- El descenso del pH se registra automáticamente después de un periodo de 10 minutos usando un medidor de pH.
- Finalmente se calcula el valor de digestibilidad a este tiempo (10 minutos).

Método 3. DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD *IN VITRO* DE MINERALES

BINAGHI M., LOPEZ L., RONAYNE DE FERRER P., VALENCIA M. 2007. Revista chilena de nutrición. Evaluación de la Influencia de distintos Componentes de la Dieta sobre la Biodisponibilidad Potencial de Minerales en Alimentos Complementarios. Rev Chil Nutr Vol. 34, N°1.

Principio:

La dializabilidad de los minerales (D%) como un indicador de la biodisponibilidad potencial fue determinada por medio del método *in vitro* de Miller, modificado por Wolfgor y Cols. El procedimiento involucra una digestión enzimática en condiciones que simulan las fisiológicas.

PROCEDIMIENTO

Digestión *in vitro*:

- Se pesa 5 g de muestra en vasos de 100 ml.
- Se agregan 50 ml de agua 18mΩ.
- Cada muestra se incuba con 5 ml de la solución de α-amilasa al 3% en un baño maría durante 30 minutos a 37 °C con agitación.
- Se ajusta el pH a 2.8 con HCl 6N.

- Se agregan 1.6 ml de la solución de pepsina y se incuba por un periodo de 2 horas a 37 °C con agitación.
- Cada muestra se coloca en las bolsas de diálisis las mismas que se ubican en vasos de precipitación que contienen 50 ml de buffer PIPES.
- Se colocan nuevamente las muestras en un baño maría a una temperatura de 37 °C durante 1 hora.
- Transcurrido este tiempo se adicionan cuidadosamente 12.5 ml de la solución de pancreatina + extracto de bilis dentro de la bolsa de diálisis, siguiendo con la incubación durante 2 horas a 37 °C.
- Al finalizar el periodo de incubación, las muestras se retiran del baño maría. Las bolsas de diálisis son removidas de los vasos y llevadas a sequedad, entonces el líquido contenido en la bolsa de diálisis (retenido) y el líquido contenido en el vaso (dializado) son debidamente separados y codificados.

Cuantificación del mineral biodisponible

Una vez finalizado el periodo de digestión in vitro el mineral se determina por espectroscopia de absorción atómica tanto del retenido como del dializado y se procede de la siguiente manera:

- La bolsa que contiene el líquido del retenido es llevada a sequedad, una vez seca se mineraliza con una mezcla de HNO₃ y HClO₄ (10:10), de modo que se elimine la parte orgánica, esto se observa por la aparición de humos blancos y por decoloración del líquido de la muestra, una vez terminada la mineralización se lleva a un volumen de 100 ml para su posterior lectura.
- El dializado (20 ml) de igual manera se mineraliza con HNO₃ y HClO₄ (10:10) hasta sequedad, luego se reconstituye con agua, tomando el mismo volumen inicial del dializado (20 ml), para posterior cuantificación.

Método 4. DETERMINACIÓN DE LISINA DISPONIBLE

Por el método de Carpenter (1960), adaptado por Chel y Col.

Principio:

Este método se basa en el sugerido por Kakade y Liener. Como la muestra es mayor que en este método la reproducibilidad es mejor.

Se uso monoclóhidrato de L-lisina dándole un tratamiento correspondiente y haciéndole las correcciones necesarias. Este método determina como lisina disponible

Determinación de lisina en la muestra:

Pesar 100 mg de la muestra en un matraz con tapa (la muestra molida y pesada a través de una criba de mm (malla No. 20).

Adicionar 10 ml de NaHCO_3 al 4% (pH = 8.5)

Agitar 10 minutos en un baño a 40°C y a 80 r.p.m.

Agregar 10 ml de ácido trinitrobencensulfónico al 0.1%

Agitar durante dos horas a 40°C y 80 R.P.M.

Agregar 30 ml de HCl concentrado. Tapar y poner en el autoclave a 115, durante una hora.

Enfriar y adicionar 50 ml de agua destilada.

Filtrar a través de papel hederlo N.1.

Tomar una alícuota de 10 ml y extraerla 2 veces con 10 ml de éter etílico cada vez. Eliminar el éter residual poniendo la solución ya extraída en un baño de vapor durante 10 minutos.

Leer la absorbancia a 346 nm ajustando a cero con el blanco.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo investigativo propuesto tiene el enfoque cualitativo y cuantitativo ya que interviene el investigador y los consumidores que serán beneficiados de la investigación.

Se midió parámetros que permitan determinar la presencia de antinutricionales como el ácido fítico que provoca problemas a nivel digestivo, es necesario la aplicación de técnicas y procesos experimentales para poder reducir la concentración de ácido fítico y aumentar la calidad nutricional de los diferentes granos andinos.

3.2. MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN

Dentro del presente trabajo investigativo se utilizaron diferentes modalidades de investigación; las cuales son:

Investigación Bibliográfica: Con la utilización de medios tales como: libros, revistas, folletos etc. que proporcionan información necesaria.

Investigación de Campo: Las muestras fueron recolectadas en la granja agrícola del Instituto Simón Rodríguez de la Provincia de Cotopaxi.

Investigación Experimental: Se utilizaron análisis de laboratorio, equipos específicos (espectrofotómetro de absorción atómica, espectrofotómetro UV, incubadora, balanza analítica, centrífuga, vortex etc.) y diversos reactivos. Proporcionando datos específicos sobre la biodisponibilidad mineral, porcentaje de ácido fítico, digestibilidad proteica.

3.3. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Los tipos o niveles de investigación utilizados son los siguientes:

Investigación Exploratoria: Por medio de este tipo de investigación se pudo comprobar experimentalmente la hipótesis y descubrir las causas por las cuales la biodisponibilidad de minerales es baja.

Investigación Descriptiva: Mediante este tipo de investigación se pudo comparar entre los diferentes métodos utilizados ya sea el método propuesto por el Instituto de Investigación Agropecuaria o un Kit comercial.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

La presente investigación se realizó en el “Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria” que se encuentra ubicada en la Provincia de Pichincha, Cantón Mejía, Parroquia Cutuglagua, panamericana sur Km 1, altitud 3058m, latitud 00°22’S, longitud 78°23’O.

El tamaño de la muestra es de 11; los tratamientos están constituidos por las líneas y/o variedades (son denominaciones dadas según el lugar de origen del grano en INIAP) de quinua (2), chocho (4), amaranto (2) y sangorache (3).

Cuadro 25. Líneas y/o variedades de granos andinos en estudio.

GRANOS ANDINOS	LÍNEAS Y/O VARIEDADES
QUINUA	Tunkahuan
	Pata de venado
AMARANTO	INIAP Perucho
	INIAP Alegría
CHOCHO	INIAP Andino
	ECU-2658-2
	ECU-8415
	ECU-2700-2
SANGORACHE	ECU-17758
	ECU-082
	ECU-0069

Elaborado por: María Belén Riera

3.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Cuadro 26. Operacionalización de la variable independiente.- **Acción fuertemente quelante del ácido fítico.**

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas Instrumentos
<p>La acción fuertemente quelante del ácido fítico se conceptualiza como:</p> <p>La acción quelante se debe principalmente a la estructura del ácido fítico que consiste en un anillo de inositol esterificado con seis grupos de ácido fosfórico puede interaccionar con diferentes componentes de los alimentos impidiendo su absorción y alterándose la homeostasis; para disminuir su efecto se recurre a tratamientos tecnológicos.</p>	<p>Tratamiento tecnológicos</p> <p>Interacción con diferentes componentes.</p>	<p>[t, T] Cocción , Tostado, Fritura</p> <p>[%] Concentración de Acido Fítico</p>	<p>¿Cómo?</p> <p>¿De qué manera?</p>	<p>Análisis Proximal; U. Florida, (1970, 1980)</p> <p>Valoración del ácido fítico por el método de Frühbeck (modificado por el Departamento de Nutrición y Calidad)</p> <p>Cuantificación de fitatos; Latta M., Eskin M., (1980).</p> <p>Cuantificación de Ácido fítico (fitato) / fósforo total (Kit de comprobación)</p>

Elaborado por: María Belén Riera

Cuadro 27. Operacionalización de la variable dependiente.- **Baja biodisponibilidad de minerales**

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentos
<p>La baja biodisponibilidad de minerales se conceptualiza como:</p> <p>Es la inhibición producida sobre la absorción bajo las condiciones de pH intestinal impide la absorción de los minerales a nivel digestivo en el hombre y los animales; la biodisponibilidad depende de los procesos de digestión, absorción de los nutrientes, la relación fitato-proteico- mineral, afín con el pH.</p>	<p>Relación fitato-proteico-mineral, afín con el pH.</p> <p>Absorción</p>	<p>[%] Biodisponibilidad mineral de macroelementos y microelemnetos.</p> <p>[%] Digestibilidad Proteica.</p> <p>[gr/100gr proteína]Lisina Disponible</p>	<p>¿En qué porcentaje?</p> <p>¿Cómo?</p>	<p>Determinación de la digestibilidad <i>in vitro</i> de proteína; Hsu, (1977) adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.</p> <p>Determinación de la biodisponibilidad <i>in vitro</i> de minerales; Binaghi M., López L., Ronayne DE Ferrer P., Valencia M. 2007.</p> <p>Determinación de lisina disponible por el método de Carpenter (1960), adaptado por Chel y Col.</p>

Elaborado por: María Belén Riera

3.6. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Con anterioridad las semillas de granos andinos fueron plantadas en el Instituto Simón Rodríguez las cuales fueron cosechadas y llevadas al laboratorio donde se realizó las diferentes metodologías, la recolección de datos se ejecutó mediante tablas de paquetes informáticos como Word y Excel

3.7. PLAN DE PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

- Revisión crítica de la información recogida, es decir limpieza de información defectuosa contradictoria incompleta no pertinente etc.
- Repetición de la recolección de ciertos casos individuales para corregir fallas de experimentación.
- Representación tabular mediante los paquetes informáticos Word y Excel
- Representaciones gráficas.
- Análisis de resultados estadísticos utilizando el paquete estadístico INFOSTAT.
- Interpretación de los resultados con el apoyo del marco teórico en el aspecto pertinente.
- Comprobación de hipótesis.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD DEL CONTENIDO DE ÁCIDO FÍTICO EN LÍNEAS AVANZADAS Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE.

Determinación de ácido fítico en quinua

El análisis de varianza en la Tabla 4 (ver Anexo A), muestra que no existe diferencia significativa en el contenido de ácido fítico de las variedades comerciales Tunkahuan y Pata de Venado, que registran un promedio de 1.16% y 1.19% de ácido fítico respectivamente.

Determinación de ácido fítico en amaranto

Por medio del análisis de varianza, se determinó que no existe diferencia significativa en el contenido de ácido fítico entre las variedades INIAP Perucho e INIAP Alegría (Tabla 5, Anexo A) las cuales obtuvieron valores de 1.28% y 1.22%, respectivamente.

Determinación de ácido fítico en chocho

En la Tabla 8 (Anexo A), muestra que existe diferencia significativa en el contenido de ácido fítico de las cuatro líneas y/o variedades de chocho, ya que el F_0 es mayor que el F_t . Para conocer la línea y/o variedad con el menor contenido, se aplicó la prueba de Tukey, determinándose que las líneas ECU-2700-2 presentó la concentración más baja (0.94%), ubicándose en el primer rango estadístico (a), seguido de las líneas ECU-2658-2 y ECU-8415 que presentan los valores de 1.03% y 1.2%. La variedad comercial Andino 450, presentó el mayor contenido de ácido fítico lo cual parece ser un carácter inherente a la variedad (Tabla 10, Anexo A).

Determinación de ácido fítico en sangorache

El contenido de ácido fítico de las líneas y/ variedades en estudio muestran que no existe diferencia significativa obteniendo un promedio de 1,2% a 1.3% detallada en la Tabla 11 (Anexo A).

La Figura 5, de las cuatro especies de granos andinos consideradas en este estudio el amaranto y el sangorache presentaron el mayor contenido (1.25%) mientras que el chocho registró el menor contenido (1.10%). Las diferencias en el contenido de ácido fítico se deben principalmente al genotipo, ya que este antinutricional en cereales y leguminosas constituye aproximadamente entre 1 % y 2% del peso de la semilla, incluso puede alcanzar cantidades de 3% a 6%. Al respecto Zhou JR, (1995) atribuye esta variabilidad a la localización; en las leguminosas este ácido está distribuido de manera uniforme en el cotiledón y asociado a estructuras proteicas, mientras que en los cereales y otros granos, el fitato se concentra en la aleurona, y en menor proporción en el germen. Este significa que durante la molienda, los niveles del antinutriente suelen disminuir, al igual que los contenidos en fibra, vitaminas y minerales (McKevith, 2004). El nivel de fitatos varía no sólo entre especies vegetales como lo cita Ravindran et al; (1995) sino dentro de cada especie como es el caso de los granos andinos en estudio, también dependiendo del tipo de suelo, variedad cultivada, estado de maduración, condiciones de cultivo, climatología, etc.

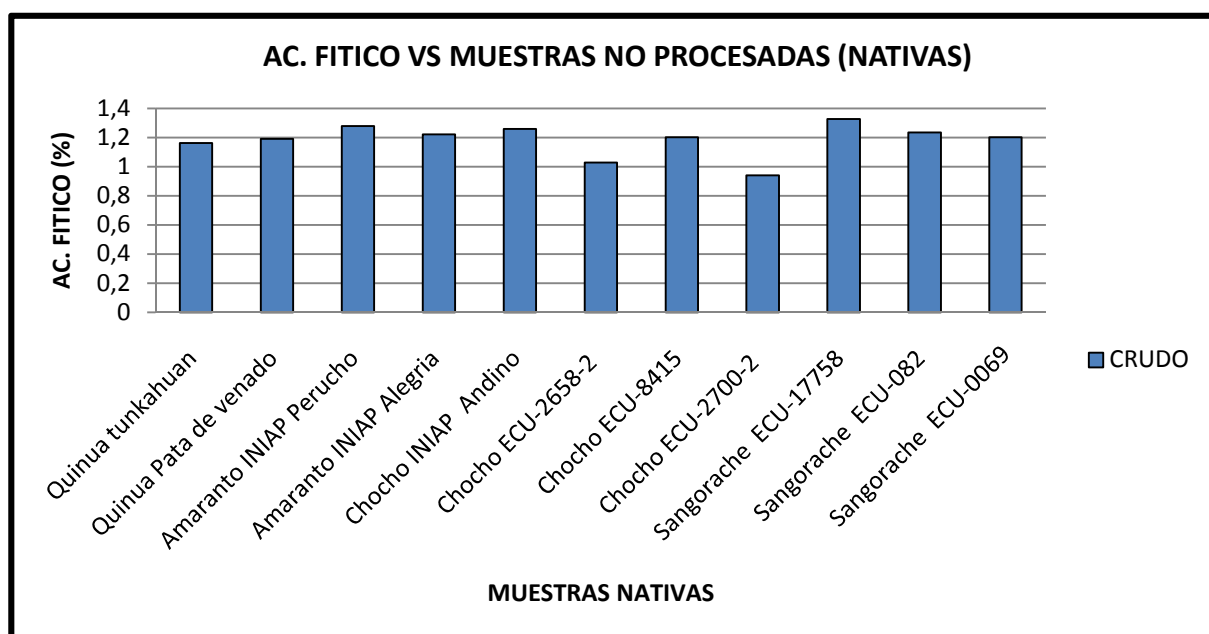


Figura 5.- Contenido de ácido fítico en varios genotipos de granos andinos.

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Los niveles encontrados en estudio (0.94%-1.33%) son suficientes para interferir con la biodisponibilidad de ciertos minerales, el fósforo contenido en los fitatos es muy poco disponible ya que el organismo carece de la enzima precisa, al menos en cantidad suficiente, para romper y separar el fósforo de la molécula de inositol; es por esta razón que cada tipo de alimento puede contener valores similares o totalmente diferentes de fitatos dentro de su estructura.

4.1.2. EFECTO DE ALGUNOS PROCESOS SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO FÍTICO, EN LÍNEAS AVANZADAS Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE.

Se estudio el efecto del procesamiento tecnológico, a través de la cocción, tostado y fritura de cada especie en estudio.

Determinación de ácido fítico en quinua tratada con diferentes procesos

En la Tabla 15 del anexo A, se detalla el análisis de varianza para el contenido de ácido fítico de la quinua sometida a varios procesos. Se encontró que los valores de ácido fítico no varían por efecto de la variedad del grano pero si por el tipo de proceso aplicado.

Se determinó que la cocción contribuye a la disminución de ácido fítico (Tabla 16) ver Anexo A, en el orden del 11% para la variedad de quinua Tunkahuan y 15% para la variedad Pata de Venado respecto a la cantidad de ácido fítico presente en el grano crudo.

La fritura tuvo un efecto semejante a la cocción con 1.14% mientras que con el tostado se elevó el contenido en un 17% para Tunkahuan y 21% para Pata de Venado con relación al contenido de ácido fítico en el grano crudo.

Determinación de ácido fítico en amaranto tratado con diferentes procesos

La Tabla 20 (Anexo A), demuestra que el ácido fítico presente en amaranto no varía respecto a las variedades de grano; pero si con el proceso aplicado.

Se determinó que el tratamiento de cocción provoca una disminución del ácido fítico a 0,54%. El tostado y la fritura tuvieron un efecto similar, incrementando el ácido fítico, hasta el 17%

en el caso de la variedad Alegría con aplicación de fritura, resultados mostrados en la Tabla 21, Anexo A del análisis Tukey.

Determinación de ácido fítico en chocho tratado con diferentes procesos.

El contenido de ácido fítico varía por efecto del genotipo del grano y el proceso aplicado detallado en la Tabla 25 del Anexo A.

De los resultados expuestos en la Tabla 26 (Anexo A), se deduce que la cocción incide favorablemente ayudando a disminuir el ácido fítico, obteniendo un valor promedio de 0,21%. Con el tostado y la fritura se logra una pequeña disminución del ácido fítico respecto al grano crudo con valores que oscilan entre el 0,75% al 1,06%.

Determinación de ácido fítico en sangorache tratado con diferentes procesos.

Mediante el análisis de varianza detallado en la Tabla 30 (Anexo A), se evidenció la influencia del proceso en el contenido de ácido fítico.

Se estableció que las tres líneas y/o variedades de sangorache cocidas presentan menor contenido de ácido fítico; así la línea ECU-082 presentó 1.12% de ácido fítico seguido de ECU-0069 con 1.17% y ECU-17758 con 1.22%. Similar a lo que ocurre con la quinua, el chocho y el amaranto, el proceso de fritura y tostado favorecen al incremento de ácido fítico en la mayoría de las líneas (Tabla 31) ver Anexo A.

Con una certeza del 95% se puede afirmar que el proceso de cocción es el más efectivo para lograr disminuir el ácido fítico, por lo que se ubicó en el rango estadístico “a”, mientras que con los procesos de tostado y fritura se obtiene un efecto contrario, hallándose un valor de 1.52% en el caso de la línea ECU-0069 sometida a fritura, lo que representa un incremento del 27%, con respecto al grano crudo.

En la Figura 7, se muestra que de todas las especies en estudio, la que experimenta mayor disminución de ácido fítico es el chocho, mientras que el sangorache presentó disminución insignificante. Contrariamente los procesos de tostado y la fritura de amaranto, quinua, sangorache y chocho mostraron un marcado incremento en el contenido de ácido fítico, con respecto al valor encontrado en los granos crudos.

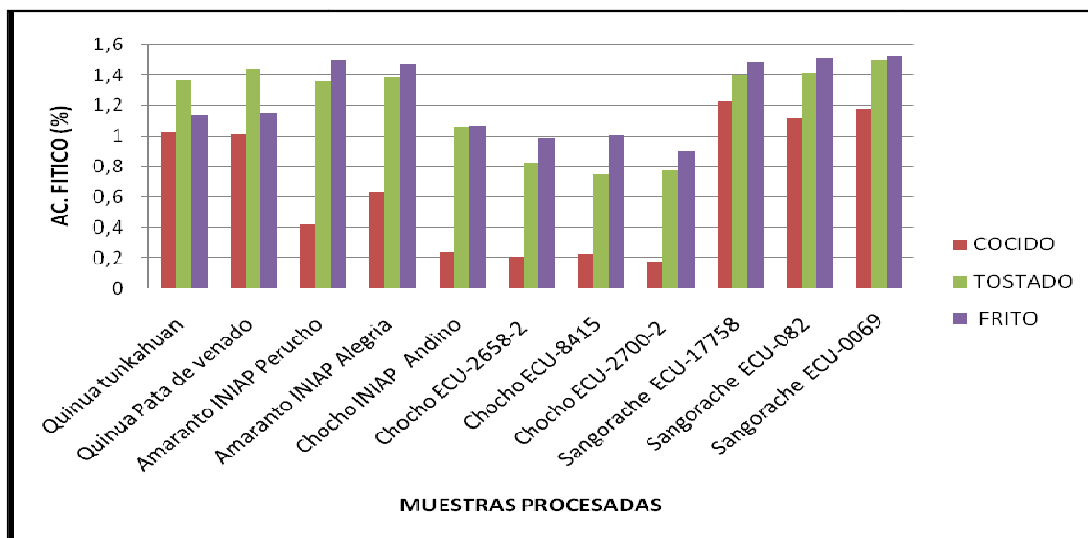


Figura 7. Efecto del proceso aplicado en el contenido de ácido fítico de varios granos andinos.

Elaborado por: Belén Riera, 2011

La Figura 8, ilustra la efectividad del proceso de cocción en la disminución de ácido fítico para todos los granos en estudio. Lo cual podría atribuirse a los cambios fisicoquímicos que ayudan a degradar el contenido de ácido fítico, que experimenta la cocción de los granos por la transferencia de calor, a este comportamiento hace referencia Vidal et al; (1994) donde cita que el calentamiento en húmedo tiende primero a solubilizar y después a destruir ciertos componentes, esto se basa fundamentalmente en la activación de las fitasas endógenas de las semillas, que producen una degradación del contenido en ácido fítico, por tal motivo comprobamos que es una molécula termolábil y por ende el tratamiento reduce este problema, al producirse una desfosforilación del ácido fítico.

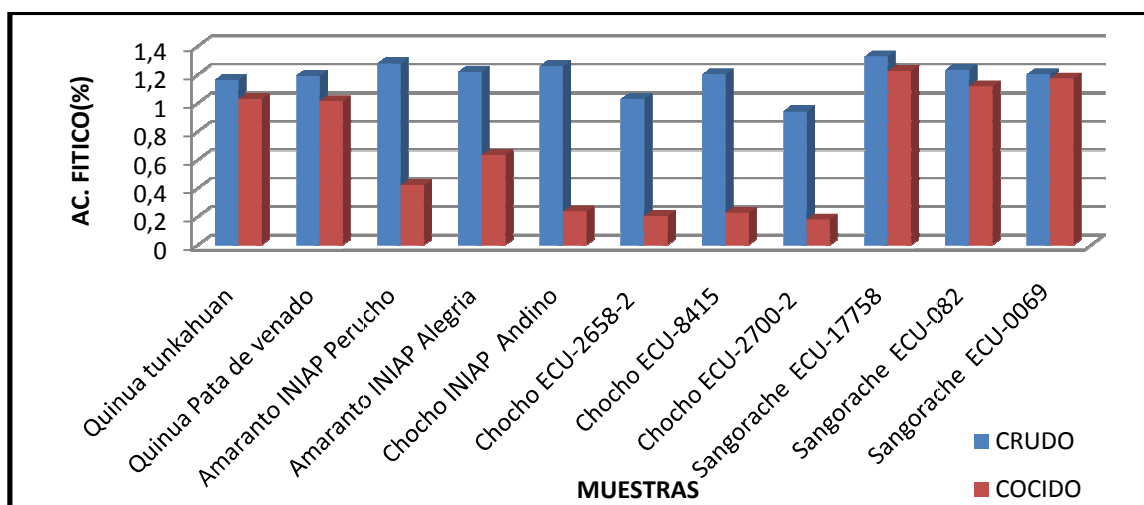


Figura 8.- Efecto de la cocción en el contenido de ácido fítico de varios granos andinos.

Elaborado por: Belén Riera, 2011

La cocción realizada tuvo buenos resultados demostrando que durante el procesamiento de las semillas, se produce la hidrólisis enzimática del ácido fítico debido a la activación de las fitasas endógenas, esta conducta es similar a los descritos por Vidal et al; (1994) los cuales estudiaron al efecto del procesamiento sobre algunas sustancias antinutritivas de las leguminosas y concluyeron que la cocción produce una disminución de la actividad inhibitoria de la tripsina, una reducción del ácido fítico y un aumento de los taninos y catequinas.

4.1.3. DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES EN GRANOS ANDINOS EN ESTADO CRUDO Y PROCESADO (COCCIÓN).

BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES EN QUINUA EN ESTADO CRUDO Y PROCESADO.

Biodisponibilidad del calcio en variedades de quinua procesada y cruda.

La condición del grano, las variedades y su interacción influyen directamente sobre la biodisponibilidad de calcio, en el grano de quinua así lo evidencio el análisis de varianza muestra en la Tabla 34 (Anexo A).

Mediante la prueba Tukey (Tabla 35) ver Anexo A, se estableció que la variedad Tunkahuan cocido presenta mayor contenido de calcio biodisponible con 27.1%, mientras que Pata de Venado solo contiene 4.84% de calcio biodisponible. Este resultado no guarda relación con el contenido de calcio en el grano en estado crudo, ya que la variedad Pata de Venado presenta mayor contenido de calcio (0.06%); sin embargo proporciona menor calcio biodisponible.

Biodisponibilidad de fósforo en variedades de quinua procesada y cruda.

En la Tabla 36 (Anexo A), se detalla el análisis de varianza para el porcentaje de disponibilidad de fósforo en quinua, mostrando que los factores en estudio: condición del

grano (a), variedades (b), su interacción (a*b) no incidieron en la biodisponibilidad de este elemento.

Biodisponibilidad de magnesio en variedades de quinua procesada y cruda.

La condición en la que se encuentra el grano no influye sobre la disponibilidad del magnesio, mientras que las variedades y su interacción con el proceso produce variación de la biodisponibilidad de magnesio, (Tabla 37) ver Anexo A.

En la Tabla 38 (Anexo A), se determinó que la variedad de quinua Tunkahuan cocida, presentó mayor contenido de magnesio biodisponible en comparación con Pata de Venado. La biodisponibilidad de magnesio en Tunkahuan cocida, es estadísticamente diferente de Tunkahuan cruda y de Pata de Venado tanto cruda como cocida.

Biodisponibilidad de potasio en variedades de quinua procesada y cruda.

Se determinó que la biodisponibilidad del potasio se encuentra influenciada por la condición del grano y por la interacción (condición del grano y variedades en estudio) detallado en la Tabla 39 (Anexo A).

Se ubicó en el primer rango a la variedad Pata de Venado en estado cocido con una biodisponibilidad 64.14% para el potasio, resultados mostrados en la Tabla 40, Anexo A del análisis de Tukey.

Biodisponibilidad de sodio en variedades de quinua procesada y cruda.

El análisis de varianza para la biodisponibilidad de sodio en muestras de quinua (Tabla 41) ver Anexo A, evidencia que la condición del grano y el genotipo influyen en la biodisponibilidad del sodio. La interacción entre los factores no mostró diferencia significativa.

Las variedades en estado crudo son las que presentan mejores porcentajes de biodisponibilidad, así Tunkahuan en estado crudo presentó 20.99% de biodisponibilidad mientras que las muestras cocidas muestran valores relativamente inferiores tanto para Tunkahuan (14.89%) como para Pata De Venado (14.89%) (Tabla 42) Anexo A

Biodisponibilidad del cobre en variedades de quinua procesada y cruda.

La Tabla 43 (Anexo A), se detalla el análisis de varianza aplicado para la biodisponibilidad del cobre en quinua mostrando influencia significativa la variedad, la condición del grano y su interacción sobre la biodisponibilidad del cobre.

La variedad Pata de Venado crudo y cocido presenta valores de biodisponibilidad de cobre mucho mayores en comparación con la variedad Tunkahuan con valores de 97.03% y 96.7%. Seguido por la variedad Tunkahuan en estado cocido con un valores de 72.54% resultados mostrados en Tabla 44 del Anexo A.

Biodisponibilidad de hierro en variedades de quinua procesada y cruda.

El análisis de varianza (Tabla 45) ver Anexo A, muestra que existe diferencia significativa en la biodisponibilidad de hierro por efecto de la variedad, condición del grano y su interacción.

Se determinó que la variedad Pata De venado en estado crudo aporta con una mayor biodisponibilidad de hierro (0.07%), seguido por Tunkahuan en estado crudo (0.02%). Mientras que en los materiales cocidos no se detecto hierro biodisponible valores detallados en el Anexo A (Tabla 46).

Biodisponibilidad de manganeso en variedades de quinua procesada y cruda.

En la Tabla 47 del Anexo A, muestra el efecto significativo de la variedad y la interacción variedad por condición del grano, sobre la biodisponibilidad de este elemento.

Los valores con mejor biodisponibilidad se obtienen a partir de los granos crudos (Tabla 48) ver Anexo A, con 26.46% para Tunkahuan y 25.22% para Pata de Venado, mientras que con el proceso de cocción la biodisponibilidad de manganeso disminuyo notablemente, a valores de 18.89% para Pata de Venado y 14.16% para Tunkahuan.

Biodisponibilidad de zinc en variedades de quinua procesada y cruda.

Los factores en estudio: condición del grano, variedades y su interacción introducen variabilidad sobre la biodisponibilidad del zinc en las muestras de quinua (Tabla 49) ver Anexo A.

Las dos variedades de quinua en estado crudo presentan mayor biodisponibilidad de zinc (0.80% y 0.71%), con respecto al grano en estado cocido, con apenas 0.43% para Tunkahuan y 0.15% para Pata de Venado resultados detallados en la Tabla 50 (Anexo A).

En la Figura 9. se muestra en forma global los datos obtenidos para la biodisponibilidad de los macroelementos en dos variedades de quinua; el potasio es el mineral con más biodisponible en la variedad Pata de Venado con el tratamiento de cocción (64.14%), seguido por Tunkahuan cocido con un porcentaje de 59.96% de biodisponibilidad. Para el magnesio se registró valores aceptables entre 57.32% al 46.14% en muestras crudas y sometidas a cocción. Los porcentajes de biodisponibilidad obtenidos para el calcio son relativamente bajos; Pata de Venado cocido presentó 11.15% de biodisponibilidad, alcanzado de Tunkahuan cocido con 7.47% y Pata De Venado crudo con 4.84%; la variedad de quinua que presenta valores aceptables de biodisponibilidad de calcio es Tunkahuan en estado crudo con 22.83%. El fósforo se ubico en el ultimo rango estadístico con valores insignificantes de biodisponibilidad entre el 0.23% - 0.19%; datos similares fueron reportados por Shindon y Yasui (1994), en un estudio sobre el efecto del cocinado de arroz en el cobre, hierro, manganeso, calcio y sodio , el sodio, y el calcio disminuían.

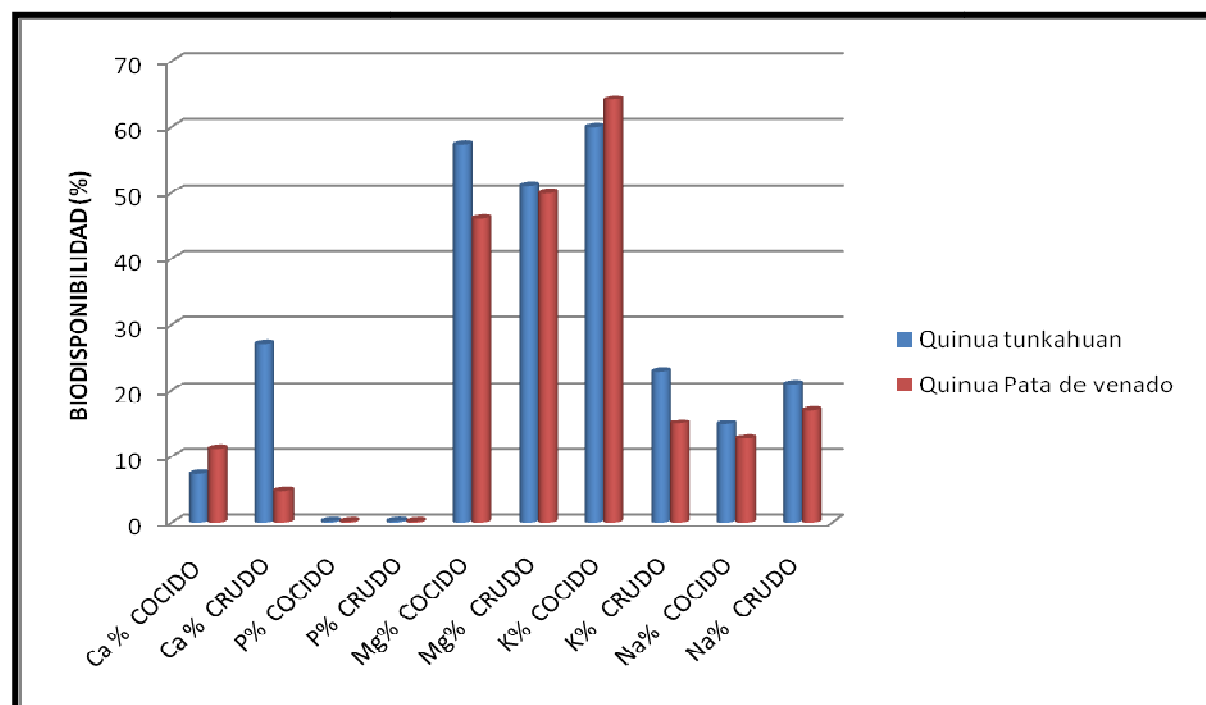


Figura 9.-Biodisponibilidad de macroelementos en dos variedades de quinua cruda y cocida.

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Los minerales son por lo general muy estables frente a la mayor parte de los tratamientos sin embargo se destaca las pérdidas producidas por la solubilización en el agua empleada.

En la Figura 10, Se puede observar que tanto el zinc como el hierro de las dos variedades de quinua, tanto cruda como cocida su biodisponibilidad es relativamente inferior a la que el organismo necesita, siendo los elementos menos asimilables de todos los minerales estudiados, los resultados experimentales concuerdan con los obtenidos por Lestienne *et al.*, (2005) para la harina de mijo, observando que una disminución del contenido en fitato no se tradujo en un incremento en la solubilidad del hierro, lo que evidencia el efecto inhibitorio de otros componentes de la fibra en la solubilidad. En el mismo sentido, Kayodé *et al.*, (2006) observaron que el porcentaje de biodisponibilidad del hierro procedente de papillas infantiles a base de sorgo, no se incrementó tras la degradación del contenido en ácido fítico. Existen pocos estudios sobre la relación entre los niveles de ácido fítico y la absorción de hierro en humanos, Hallberg, 1989 y Hurrell, 1992 señalan que la degradación del ácido fítico adquiere una gran importancia nutricional, ya que su disminución incrementa la biodisponibilidad de minerales esenciales en la alimentación.

Para el cobre se registró valores altos de biodisponibilidad en la variedad Tunkahuan tanto en estado crudo como cocido. En el caso del manganeso se puede observar que la biodisponibilidad no supera el 30%, independientemente de la condición del grano, a este comportamiento hace referencia Deshpande *SS. et al.*, (1989) indicando que es probable que el pH predominante en el tracto gastrointestinal, permita que se formen complejos fitato-metal insolubles, lo que hace al metal no disponible para la absorción en el tracto intestinal A un pH intermedio, por encima del punto isoeléctrico de las proteínas mayor a 4.5, la interacción será imposible, dado que la carga de las proteínas, al igual que la del ácido fítico, es negativa; sin embargo, la interacción puede darse a través de la formación de un complejo ternario con cationes divalentes positivamente.

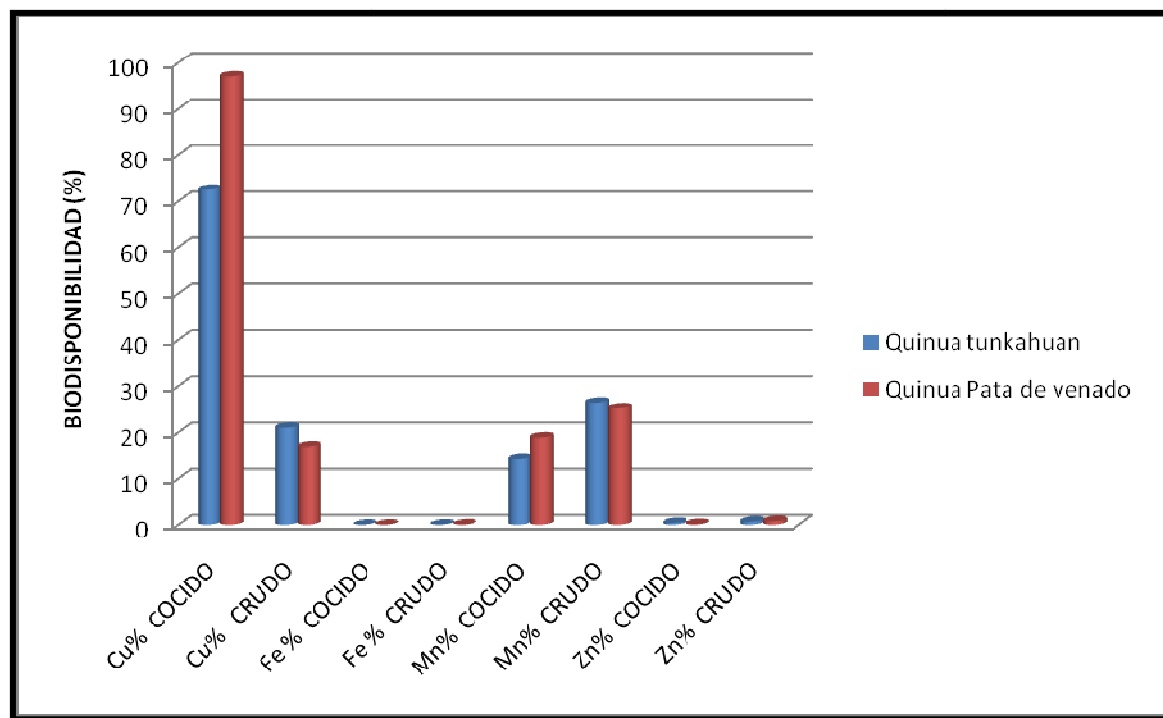


Figura 10.- Biodisponibilidad de microelementos en variedades de quinua.

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Desde el punto de vista nutricional, los bajos niveles de biodisponibilidad carecen de importancia para la mayoría de personas, pero pueden tener relevancia en ciertos grupos de la población.

DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES EN AMARANTO EN ESTADO CRUDO Y PROCESADO.

Biodisponibilidad del calcio en líneas y/o variedades de amaranto procesado y crudo.

La Tabla 53 (Anexo A), muestra el análisis de varianza de la biodisponibilidad del calcio en amaranto, determinándose un efecto significativo de la interacción condición del grano por el genotipo; sobre la biodisponibilidad del calcio.

La variedad INIAP Alegría en estado crudo, registra mejor biodisponibilidad (1.2%), que el grano cocido (0.8%) y la variedad Perucho crudo (0.83%) y cocido (0.95%) valores detallados en Tabla 54 (Anexo A).

Biodisponibilidad de fósforo en líneas y/o variedades de amaranto procesado y crudo.

No existe diferencia significativa por efecto del genotipo y la condición del grano así lo demuestra el Análisis de Varianza (Tabla 55) ver Anexo A para la biodisponibilidad de fósforo en las muestras de amaranto.

Biodisponibilidad de magnesio en líneas y/o variedades de amaranto procesado y crudo.

En las líneas y/o variedades de amaranto existe variabilidad en la biodisponibilidad de magnesio por efecto de la condición y el genotipo del grano (Tabla 56).

En la Tabla 57 (Anexo A), muestra que la línea Perucho en estado crudo presenta la mayor biodisponibilidad del magnesio 45%. Este valor difiere estadísticamente de la biodisponibilidad del grano cocido (38.95%). Con esta especie la cocción no contribuyó a mejorar la biodisponibilidad del magnesio.

Biodisponibilidad de potasio en líneas y/o variedades de amaranto procesado y crudo.

A través del análisis de varianza (Tabla 58) ver Anexo A, se determinó un efecto significativo del genotipo y la condición del grano en la biodisponibilidad del potasio.

La variedad INIAP Alegría cocido, alcanzó la mejor biodisponibilidad con 69.67%, la misma muestra cruda ocupó el último rango estadístico con 23.36%. La líneas INIAP Perucho en procesado y crudo, registró una biodisponibilidad del 31.91% y 26.52% respectivamente, dichos valores del análisis de Tukey son detallados en la Tabla 59 del Anexo A.

Biodisponibilidad de sodio en líneas y/o variedades de amaranto procesado y crudo.

En la biodisponibilidad de este elemento no influyeron el genotipo, la condición del grano ni su interacción (Tabla 60) ver Anexo A.

Biodisponibilidad de cobre en líneas y/o variedades de amaranto procesado crudo.

Se determinó influencia de los dos factores en estudio y su interacción sobre la biodisponibilidad del cobre a través del análisis de varianza (Tabla 61) ver Anexo A.

Con una certeza del 95% se puede afirmar la cocción contribuye a la biodisponibilidad del cobre; en la línea Perucho y la variedad Alegría con 97.53% y 95.76% (Tabla 62).

Biodisponibilidad de hierro en líneas y/o variedades de amaranto procesado y crudo.

La Tabla 63(Anexo A), no reveló influencia del genotipo y la condición del grano sobre la biodisponibilidad del hierro.

Biodisponibilidad de manganeso en líneas y/o variedades de amaranto procesado y crudo.

En la biodisponibilidad de este elemento no se determinó influencia de la condición del grano pero si del genotipo (Tabla 64) ver Anexo A.

La línea Perucho presenta un mejor contenido de manganeso biodisponible (12.54%), con respecto a la variedad INIAP Alegría resultados mostrados en Tabla 65 del Anexo A.

Biodisponibilidad de zinc en líneas y/o variedades de amaranto procesado y crudo.

Los factores en estudio: condición del grano (factor a), líneas y/o variedades (factor b) así como su interacción (factor a*b) influyen significativamente sobre la biodisponibilidad de manganeso en la Tabla 66 (Anexo A) se detalla el análisis de varianza.

La variedad INIAP Alegría crudo, mostró un mejor contenido de zinc biodisponible (0.14%). En esta especie la cocción no ayudó a mejorar la biodisponibilidad del elemento, registrándose mayores contenidos en el grano crudo antes que en el cocido (Tabla 67) ver Anexo A.

Los datos experimentales (Figura 11), muestran que la variedad INIAP Alegría con el proceso de cocción presenta mayor biodisponibilidad de potasio 69.67%, seguido de INIAP Perucho con 45.69% para la biodisponibilidad de magnesio. El calcio y el fósforo fueron los elementos menos biodisponibles tanto en estado crudo como cocido. La biodisponibilidad de los mismos es compleja y en el caso del calcio depende de que este forme compuestos solubles o insolubles y la presencia de vitamina D. El fósforo esta en íntima relación con el calcio su forma biológicamente activa son los fosfatos. En los alimentos el fósforo se encuentra en forma inorgánica como fosfatos de calcio y de sodio y en forma orgánica como fosfolípidos y fitatos. Estos últimos son abundantes en los vegetales y no son aprovechables como nutrientes toda vez que el ácido fítico un hexafosfato de inositol forme sales mixtas insolubles con el calcio y el magnesio, las cuales no pueden absorberse.

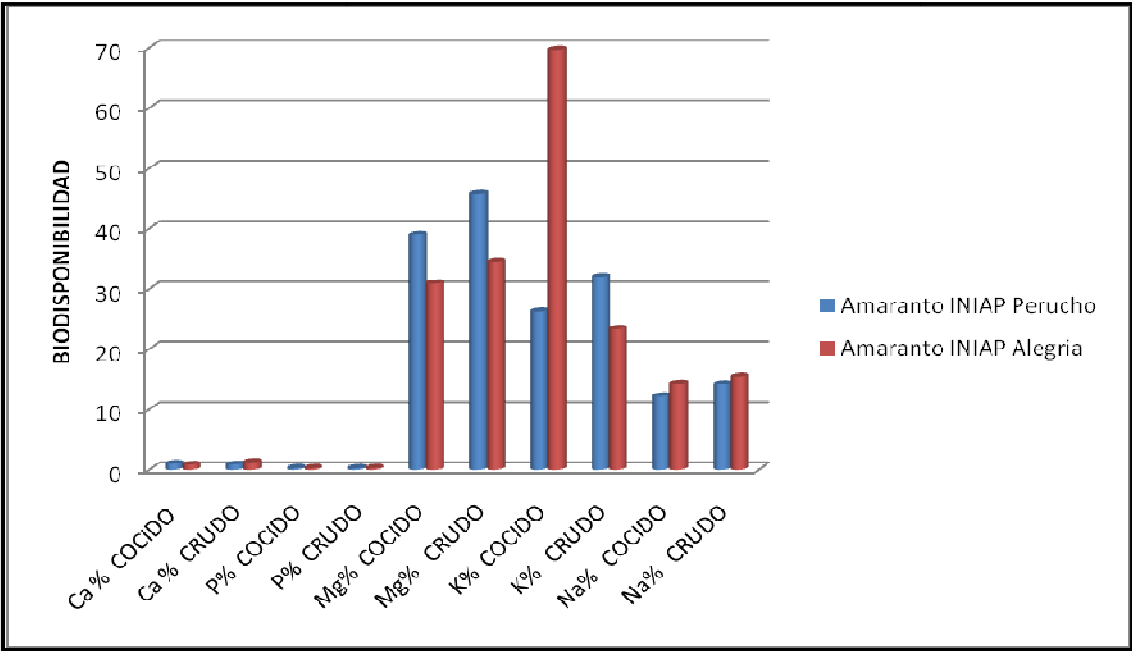


Figura 6.- Biodisponibilidad de macroelementos en dos variedades de amaranto

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Dentro de los microelementos (Figura 12), el cobre es el mineral más biodisponible sobre todo tratándose térmicamente, luego se encuentra el manganeso en el grano crudo, antes que en el cocinado. Revela además que la baja biodisponibilidad de la mayoría de los microelementos a excepción del cobre en el grano cocido; con una notable depresión del hierro y el zinc; dos elementos indispensables para la nutrición.

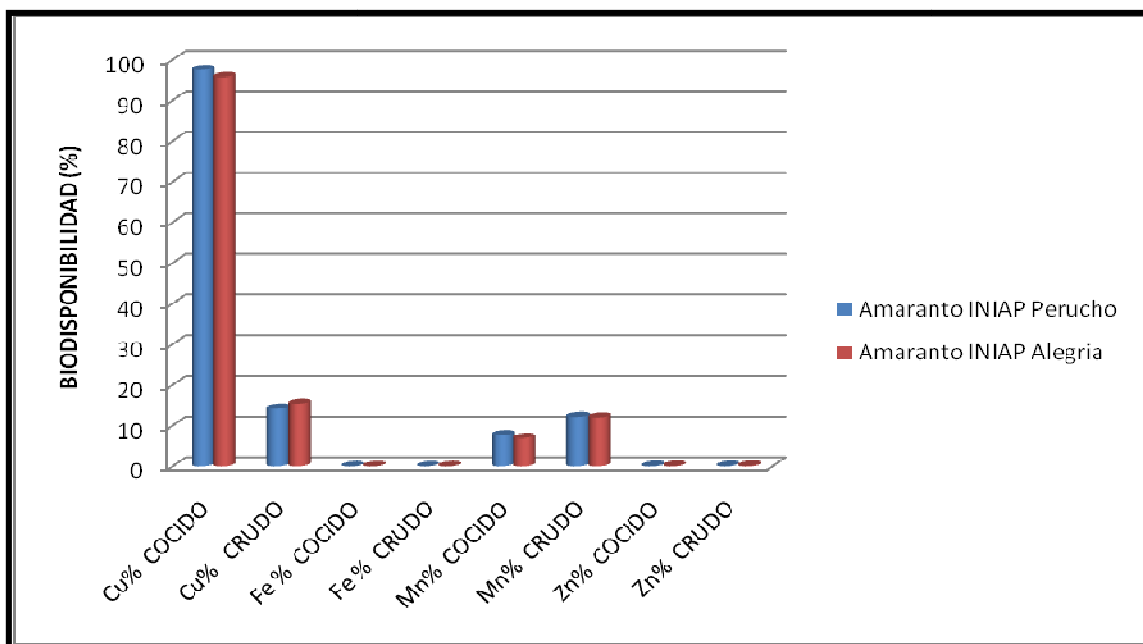


Figura 7.- Biodisponibilidad de microelementos en dos variedades de amaranto

Elaborado por: Belén Riera, 2011

A pesar de que la cocción húmeda del grano provoca disminución del ácido fítico; sin embargo no contribuye a mejorar la biodisponibilidad de la mayoría de los microelementos, al respecto Sandberg *et al.*, (1989) cita que a temperaturas superiores a los 75 °C destruyen la estructura de las enzimas contenidas en el grano y reducen drásticamente su actividad fitásica. En este caso, las diferencias en cuanto al contenido en fósforo digestible de los distintos alimentos son prácticamente nulas.

DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES EN CHOCHO EN ESTADO CRUDO Y PROCESADO.

Biodisponibilidad de calcio en líneas y/o variedades de chocho procesado y crudo.

Se determinó que la condición del grano no es significativa, mientras el genotipo así como la interacción de los factores incide en la variabilidad de la biodisponibilidad del calcio en la Tabla 70 del Anexo A se detalla el análisis de varianza.

Se establece que la línea ECU-8415 crudo y ECU-2658-2 cocido presentan una mayor biodisponibilidad del calcio (Tabla 71) ver Anexo A.

Biodisponibilidad de fósforo en líneas y/o variedades de chocho procesado y crudo.

En la biodisponibilidad del fósforo incidió la condición del grano mas no el genotipo, ni la interacción entre estos dos factores (Tabla 72) del Anexo A.

Una mejor biodisponibilidad del fósforo, se registró para el grano crudo, antes que para aquella sometida al proceso así se lo evidencia en la Tabla 73 (Anexo A). En este caso la cocción no ayudó a mejorar la biodisponibilidad.

Biodisponibilidad de magnesio en líneas y/o variedades de chocho procesado y crudo.

En la Tabla 74 (Anexo A), se señala que existe diferencia significativa en los factores en estudio: condición del grano (factor a), líneas y/o variedades (factor b) así como su interacción.

La línea ECU-8415 (Tabla 75) ver Anexo A, presentó la mayor biodisponibilidad de magnesio (52.78%) mientras que la variedad Andino 450 en estado cocido registró la menor biodisponibilidad (9.41%); Esto significa que del porcentaje presente en el chocho de magnesio solo el 9.41% es aprovechable por el organismo humano.

Biodisponibilidad de potasio en líneas y/o variedades de chocho procesado y crudo.

Para la biodisponibilidad de este elemento, se encontró efecto del genotipo y la interacción genotipo por la condición del grano (Tabla 76) ver Anexo A.

En la Tabla 77 del Anexo A, muestra que la variedad INIAP-Andino cocido mostró valores de biodisponibilidad de potasio en el orden del 42% seguido de la línea ECU-2700-2 crudo con 38.11%, en contraste las líneas ECU-2658-2 y ECU-8415 cocidas presentan valores mas bajos con 25.54% y 23.42% respectivamente.

Biodisponibilidad de sodio en líneas y/o variedades de chocho procesado y crudo.

La Tabla 78 (Anexo A) , indica que existe variabilidad de sodio biodisponible por efecto del genotipo y la interacción de sus factores.

En este caso del sodio el tratamiento térmico no ayudó a mejorar la biodisponibilidad ya que la línea ECU-270-2 en estado crudo, mostró la mayor biodisponibilidad del elemento (Tabla 79) ver Anexo A.

Biodisponibilidad de cobre en líneas y/o variedades de chocho procesado y crudo.

En las líneas y/o variedades de chocho se registro efecto significativo de todos los factores en estudio (Tabla 80) ver Anexo A: condición del grano (factor a), líneas y/o variedades (factor b) y su interacción (a*b) sobre la biodisponibilidad del cobre.

Se evidencio influencia de la cocción en la biodisponibilidad de este microelemento (Tabla 81) ver Anexo A, determinándose el mayor valor para la línea ECU-2658-2 en estado cocido, mientras que la línea ECU-8415 en estado cocido presentó la menor biodisponibilidad (9.48%).

Biodisponibilidad de hierro en líneas y/o variedades de chocho procesado y crudo.

El Análisis de Varianza de la Biodisponibilidad de hierro se muestra en la Tabla 82 (Anexo A), con influencia notable de los factores en estudio: condición del grano (factor a), líneas y/o variedades (factor b) y su interacción (a*b).

Se demuestro el efecto del ácido fítico en la biodisponibilidad del hierro con aportes insignificantes para la alimentación. Así la línea ECU-2700-2 con 0.29% e INIAP-Andino450 con 0.19%, la cocción del grano no contribuyo en la biodisponibilidad del hierro no registrando valor alguno en la línea ECU-8415 en estado cocido, valores detallados en la Tabla 83 (Anexo A).

Biodisponibilidad de manganeso en líneas y/o variedades de chocho procesado y crudo.

La Tabla 84 (Anexo A), reveló significancia estadística para la condición del grano mas no para el genotipo.

Se determinó valores entre 34% a 36% para las líneas y/o variedades crudas no así para aquellos sometidos a cocción húmeda presentaron valores entre 24.98% al 21.02% valores obtenidos mediante la Prueba Tukey al 5% (Tabla 85) ver Anexo A.

Biodisponibilidad de zinc en líneas y/o variedades de chocho procesado y crudo.

En la biodisponibilidad de zinc en chocho, se observó influencia de los factores en estudio: la condición del grano (a), las líneas y/o variedades (b) y la interacción (a*b) valores detallados en la Tabla 86.

Todas las líneas y/o variedades de chocho en estudio (Tabla 87) ver Anexo A, crudas presentan una mayor biodisponibilidad de zinc, con relación a las líneas y/o variedades cocidos; la línea ECUA-2700-2 presenta el mayor valor (2.34%).

En el grupo de los macroelementos, el magnesio mostró una mayor biodisponibilidad en el grano crudo; que el cocido. Por ejemplo la línea ECU-8415, la biodisponibilidad del magnesio, disminuye en un 20% en el grano cocido; quizá más porque gran parte se transfiere al agua de cocción; por lo que el grano cocido se registra menor cantidad de zinc biodisponible así lo indica Cheryan (1980). Se estableció que las líneas y/o variedades de chocho estudiadas que se encuentran crudas presentan porcentajes superiores que aquellos que fueron sometidos a la cocción, tomando el rango estadístico “a” la línea ECU-2700-2 crudo con 2.34%, mientras tanto que la línea ECU-2700-2 con 0.04% siendo al igual que el hierro muy poco asimilables. La línea ECU-2700-2 experimento mayor pérdida para esta solo 0.04% de zinc es biodisponible.

En la Figura 13 muestra que los minerales menos biodisponibles en chocho son el calcio y el fósforo. En el caso del calcio los valores de biodisponibilidad oscilan entre el 4.5% al 1.89%. Mientras que el fósforo presentó valores más bajos entre el 0.24% al 0.15%.

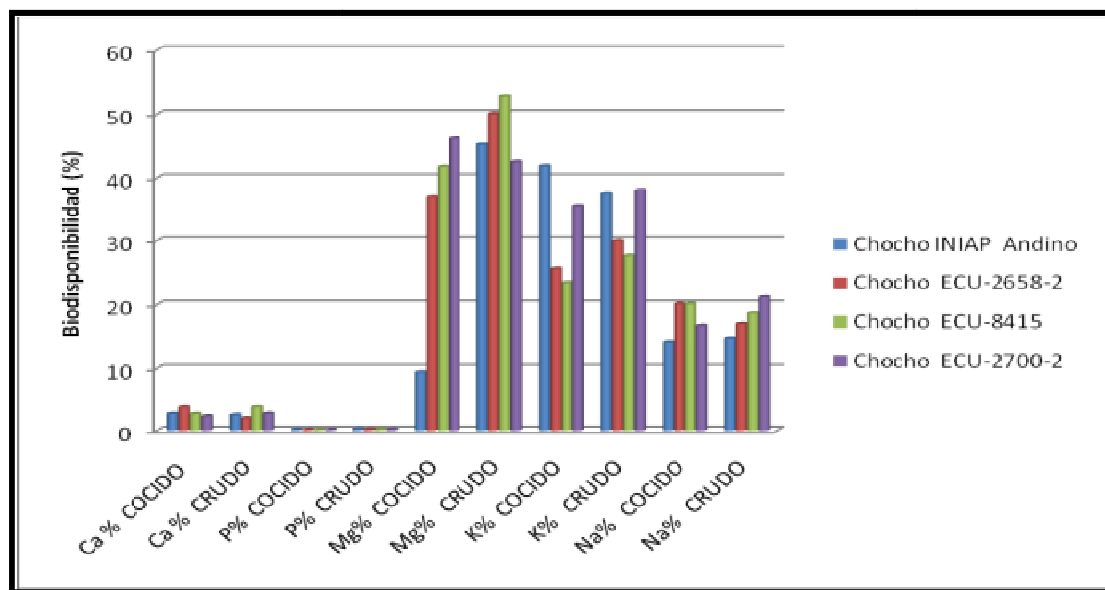


Figura 8.- Biodisponibilidad de macroelementos en variedades de chocho crudo y cocido.

Elaborado por: Belén Riera, 2011

En la Figura 14 muestra que ECU-2700-2, ECU-2658-2, INIAP-Andino, ECU-8415 presentan valores altos de manganeso pero siendo mucho más alto en aquellas muestras que no fueron procesadas con valores que oscilan entre el 36% al 21%, seguido se encuentra la biodisponibilidad de cobre en este caso al contrario del manganeso presenta mayor biodisponibilidad aquellas muestras que fueron sometidas al tratamiento térmico.

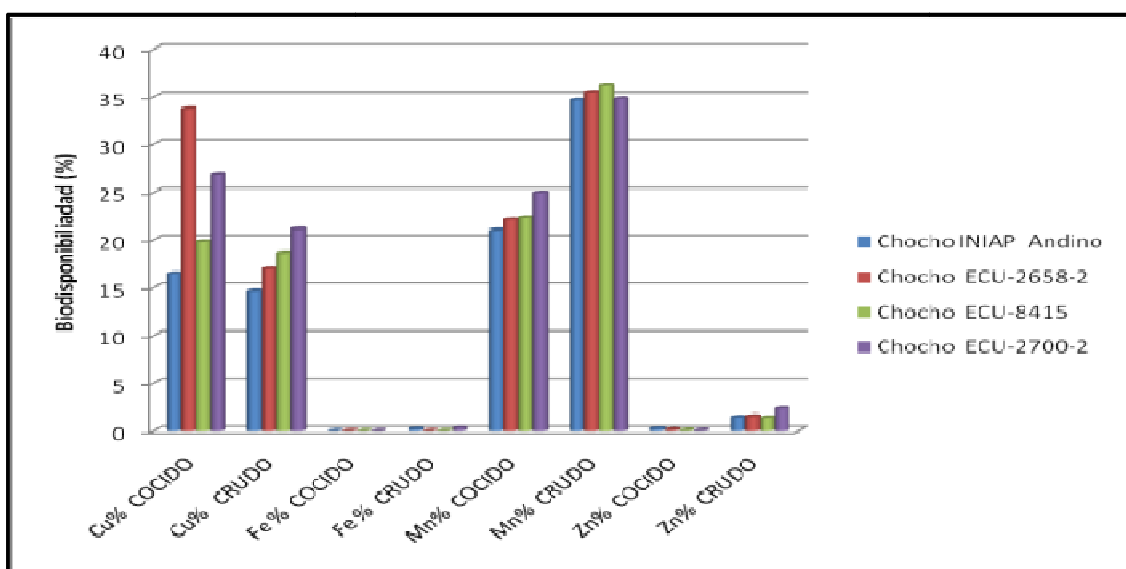


Figura 9.- Biodisponibilidad de microelementos en variedades de chocho crudo y cocido

Elaborado por: Belén Riera, 2011

La baja biodisponibilidad de calcio, fósforo, hierro y zinc en el chocho puede estar relacionado con el contenido de ácido fítico, compuesto que disminuye con el proceso de cocción sin embargo con este proceso no se logra su eliminación total, pudiendo interferir con la biodisponibilidad de los minerales mencionados.

DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES EN EL SANGORACHE EN ESTADO CRUDO Y PROCESADO.

Biodisponibilidad del calcio en líneas de sangorache procesado y crudo.

En la Tabla 90 se detalla el Análisis de Varianza para la Biodisponibilidad del calcio en sangorache, observándose un efecto significativo de los factores en estudio: condición del grano (a), líneas y/o variedades (b) y la interacción (a*b).

Los resultados (Tabla 91) ver Anexo A, revela mayor biodisponibilidad del calcio para el grano crudo (3.58%) antes que para el cocido (1.12%). La biodisponibilidad del calcio para la líneas ECU-0069, disminuyo en un 89% por efecto de la cocción en el gran.

Biodisponibilidad de fósforo en líneas de sangorache procesado y crudo.

La Biodisponibilidad de fósforo en sangorache (Tabla 92) ver Anexo A, muestra los factores en estudio: la condición del grano (a), líneas y/o variedades (b) y la interacción (a*b) no tuvieron efecto alguno en la biodisponibilidad del fósforo.

Biodisponibilidad de magnesio en líneas de sangorache procesado y crudo.

La condición del grano influyo significativamente en la biodisponibilidad del magnesio, registrando mayor biodisponibilidad para el grano cocido (37.82%) con respecto al crudo (33.24%). (Tabla 94) ver Anexo A.

Biodisponibilidad de potasio en líneas de sangorache procesado y crudo.

Con el análisis de varianza se mostró que en el potasio la biodisponibilidad influye: condición del grano (factor a), las líneas (factor b), así como su interacción (Tabla 95) ver Anexo A.

Se reveló mayor biodisponibilidad de potasio en la línea ECU-0069 en estado crudo. En estado cocido la biodisponibilidad disminuye en un 27% resultados detallados en la Tabla 96 del Anexo A.

Biodisponibilidad de sodio en líneas de sangorache procesado y crudo.

En la biodisponibilidad del sodio; influyen la condición del grano, su genotipo y la interacción de los dos factores, ver Anexo A (Tabla 97)

La interacción de los factores (Tabla 98) ver Anexo A, mostró que la líneas ECU-17758 tanto cruda como cocida presentó mayor biodisponibilidad (15.95% y 18.15%), para las demás las líneas y/o variedades la biodisponibilidad varía entre el 11% al 12.85%

Biodisponibilidad de cobre en líneas de sangorache procesado y crudo.

Según el ADEVA (Tabla 99) ver Anexo A, en la biodisponibilidad del cobre influyo la condición del grano, registrando mayor biodisponibilidad en el grano cocido (41.76%) que el crudo (38.44%).

Biodisponibilidad de hierro en líneas de sangorache procesado y crudo.

Se determinó que los factores en estudio: líneas y condición del grano no influyen significativamente en la biodisponibilidad del hierro (Tabla 101) ver Anexo A.

Biodisponibilidad de manganeso en líneas de sangorache procesado y crudo.

En la Tabla 102 del Anexo A, revela que en la biodisponibilidad del manganeso influyen: la condición del grano y su interacción con las líneas.

La interacción condición del grano por las líneas demuestra mayor biodisponibilidad para las líneas ECU-082 cruda y 17758 cocida con 5.7% y 4.91% respectivamente, las demás líneas presentan valores inferiores a estos resultados mostrados en la Tabla 103 del Anexo A.

Biodisponibilidad de zinc en líneas de sangorache procesado y crudo.

En la biodisponibilidad de este elemento influyen todos los factores en estudio (Tabla 104).

Se mostro que la líneas ECU-17758 presentó una mayor biodisponibilidad de zinc (0.13%) (Tabla 105) ver Anexo A. En el grano cocido la biodisponibilidad fue casi nula.

Luego de analizar estadísticamente la biodisponibilidad mineral con un nivel de significancia del 5% se determinó que el mayor porcentaje de biodisponibilidad corresponde a las líneas ECU-082 y ECU-0069 con el proceso de cocción obteniendo 38.78% de biodisponibilidad de magnesio. Seguido de ECU-17758 cocido con 35.391%. El potasio y el magnesio para los tratamientos restantes obtuvieron valores intercalados entre el 35.24% al 24.03% de biodisponibilidad al respecto NRC, (1991) señala que este mineral en el sangorache se encuentra formando sales insolubles con aniones como los fitatos, carbonatos y sulfatos

La biodisponibilidad para el sodio se encuentra con valores intermedios (18.15-11.45) en la para los diferentes tratamientos aplicados para el sangorache.

Igual que en los otros granos andinos (Figura 15) muestra que el calcio el fósforo y son los minerales menos biodisponibles para el organismo tanto en las muestras crudas como cocidas, el fósforo se encuentra en todas las muestras estudiadas en un porcentaje sumamente bajo esto se le puede atribuir un exceso de calcio con relación al fósforo de la dieta el cual reduce la absorción de este último, al igual que la de otros minerales y resulta en menores crecimientos y peores índices de mineralización ósea a este comportamiento hace referencia NRC (1991) indica que una relación calcio: fósforo alta disminuye la efectividad de las fitasas siendo la actividad fitásica de la mucosa intestinal es muy reducida.

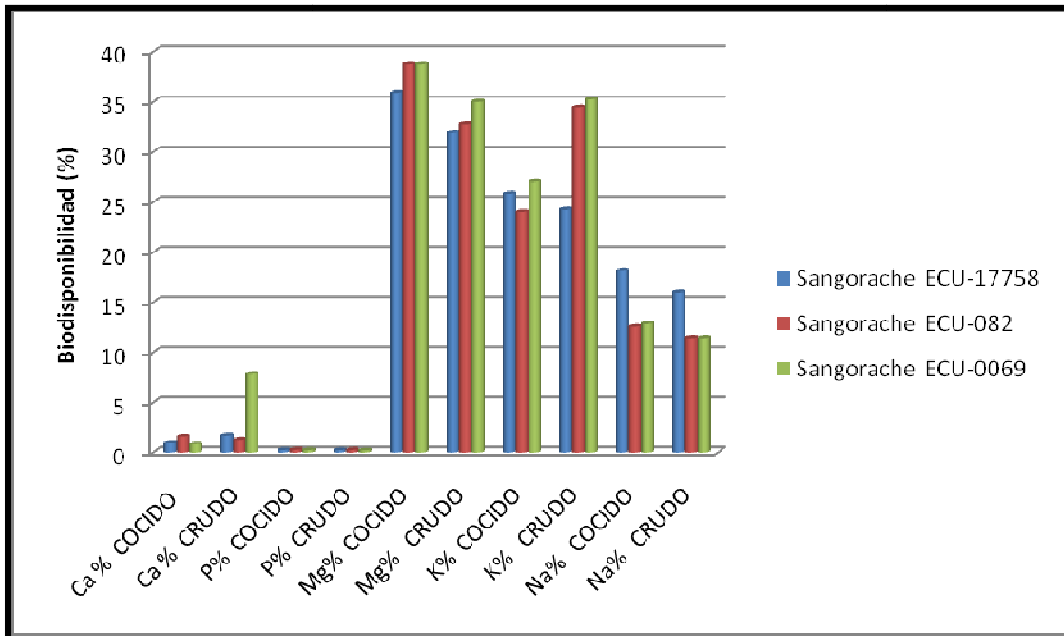


Figura 10.- Biodisponibilidad de macroelementos en líneas de sangorache

Elaborado por: Belén Riera, 2011

En la Figura 16 se observa que al igual que el chocho, el amaranto, y la quinua el hierro y el zinc son los microelementos menos biodisponibles. Parece que en estos granos el hierro se encuentra en forma no hemo, el cual es absorbible solo en un 3% así lo revela Anahía y Martínez (2000).

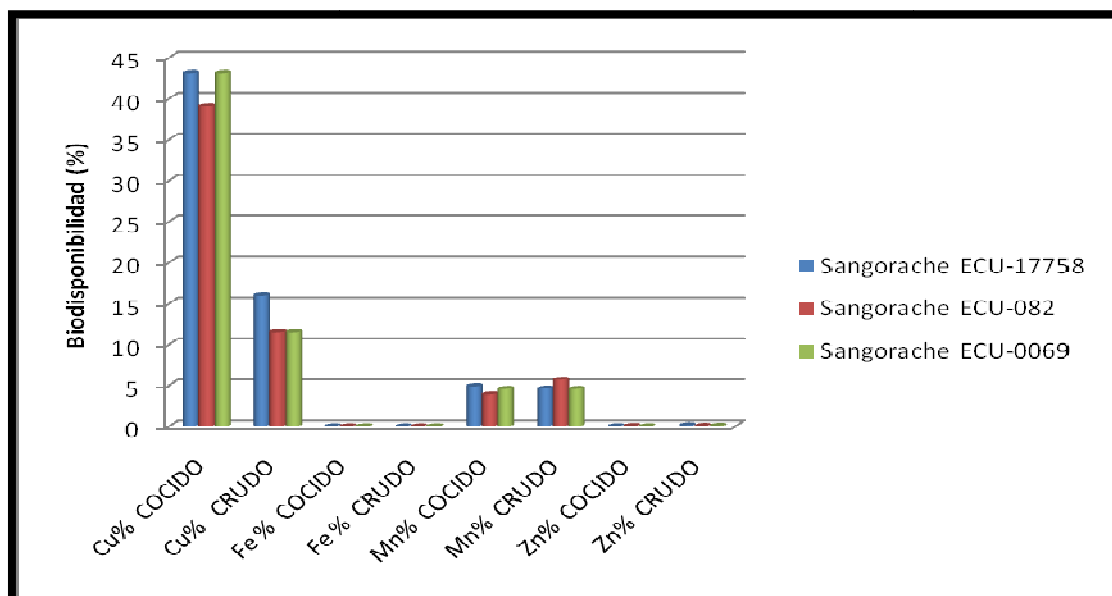


Figura 11.- Biodisponibilidad de microelementos en líneas de sangorache

Elaborado por: Belén Riera, 201

El cobre en el grano es el mineral mas biodisponible, su carencia dietética es rara y solo se presenta en la desnutrición grave. En general la variabilidad en la biodisponibilidad de minerales se fundamenta en la afinidad que posee el ácido fítico por los cationes (Fe<Ca<Mn<Co<Cu<Zn; Erdman, (1979). Los fitatos naturales son principalmente los de magnesio y potasio, compuestos más solubles que los fitatos de calcio, hierro y zinc. Una molécula de ácido fítico puede unir de 3 a 6 moles de calcio, formando fitatos insolubles a pH intestinal, haciendo no disponibles al fósforo y al calcio.

Snider et al, (1992) menciona otros factores que influye en la biodisponibilidad del calcio y potasio es la relación calcio: fósforo es mayores cuantos menores son las dosis de fitasas añadidas en las dietas de animales y los niveles de fósforo no fítico o total. En este caso la cantidad de fósforo liberado de los fitatos, debido a la baja actividad fitásica, será menor acentuándose el efecto negativo de niveles bajos de fósforo en la dieta sobre los rendimientos de los animales. Un aumento de la concentración de calcio en dietas que contienen zinc y fitato supone una reducción de la biodisponibilidad del zinc debido a la formación de complejos insolubles calcio-fitato-zinc y altos niveles de este antinutriente pueden dar lugar a una deficiencia de zinc por tanto elevadas concentraciones de calcio impiden la acción de las fitasas.

4.1.4. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD PROTEICA, EN LÍNEAS O/VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE PROCESADO (COCCIÓN) Y NO PROCESADO (CRUDO).

Determinación de la digestibilidad proteica en quinua.

Se determinó que en la digestibilidad de la proteína influye la condición del grano (Tabla 108) ver Anexo A.

Se estableció que las muestras que presentan mayor digestibilidad proteica son aquellas que se sometieron a cocción alcanzando un valor un valor de 81.95% la variedad Pata De Venado y 81,53% la variedad Tunkahuan, registraron valores menores de digestibilidad proteica en estado crudo, resultados mostrados en la Tabla 109 (Anexo A).

Determinación de la digestibilidad proteica en amaranto

En la digestibilidad proteica del Amaranto influye la condición del grano (Tabla 112) ver Anexo A.

La variedad INIAP Alegría presentó 84.12% e INIAP Perucho 82,61%, mientras que los granos crudos presentaron valores menores a los señalados y se categorizan en el segundo rango estadístico, detallado en la Tabla 113 (Anexo A), lo que demuestra el efecto favorable de la cocción sobre la digestibilidad proteica.

Determinación de la digestibilidad proteica en chocho

En la Tabla 116 (Anexo A), se detalla el análisis de varianza para este resultado, mostrando que la condición del grano, la interacción condición del grano y genotipo influyen sobre la digestibilidad proteica.

La variedad INIAP Andino en estado cocido se ubicó estadísticamente en el rango “a” (Tabla 117) ver Anexo A, con 90,76% de proteína digerible, mientras que la línea ECU-2700-2 cocido con 89,55% y la línea ECU-8415 cruda con 82,19 %.

Determinación de la digestibilidad proteica en sangorache

Igual que en los diferentes granos la digestibilidad proteica del sangorache fue influenciada por la condición del grano (Tabla 120) ver Anexo A.

El porcentaje de digestibilidad proteica es mayor (81.89%) en el grano cocido antes que el crudo (77.98%). La línea ECU-0069 presentó el mayor nivel de digestibilidad 82.43%, los resultados se detallan en la Tabla 121 del Anexo A.

En la Tabla 1 se puede observar que el cocimiento contribuyó a mejorar la digestibilidad de la proteína en todas las especies en estudio y en mayor proporción en el caso del chocho, variedad Andino y la línea ECU-8415, los porcentajes de digestibilidad proteica son muy similares entre las muestras de amaranto, sangorache, quinua, y chocho evidenciando que la especie no tuvo efecto en la digestibilidad proteica *in vitro* y la diferencia puede atribuirse a varios factores que cita Nielse, (1991) tales como la estructura proteica, la presencia de otros

componentes (minerales, hemicelulosa), la formación de complejos de proteína y almidón y de enlaces entrecruzados entre proteínas. Al respecto Balandrán-Quintana et al; (1998) menciona que los constituyentes parietales de los granos andinos como el ácido fítico son los principales factores de variación de la digestibilidad de la proteína, como una consecuencia del boqueo que ejercen sobre la proteína alimenticia.

Tabla 1.- Digestibilidad proteica en muestras Crudas y procesadas

DESCRIPCIÓN	CRUDA %	COCIDA%
Quinoa Tunkahuan	78,87	81,53
Quinoa Pata de venado	79,96	81,95
Amaranto INIAP Perucho	78,57	82,61
Amaranto INIAP Alegría	77,91	84,12
Chocho INIAP Andino	83,58	90,76
Chocho ECU-2658-2	84,54	88,41
Chocho ECU-8415	82,19	89,25
Chocho ECU-2700-2	83,46	89,55
Sangorache ECU-17758	78,51	81,89
Sangorache ECU-082	78,15	81,35
Sangorache ECU-0069	77,30	82,43

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Las líneas y/o variedades que presentan mayor digestibilidad proteica son las de chocho alcanzando valores del 90%; en el caso del amaranto, sangorache y quinua sus valores de digestibilidad oscilan entre el 82 % y 85% el valor menor registrado fue para el sangorache ECU-0069 con 77,3% crudo (Figura 17). El aumento de la digestibilidad proteica es una de las ventajas que se atribuyen al proceso. Señala Abd El Hady y Habibi (2003). Sin embargo puede ocurrir decremento en la digestibilidad debido a un tratamiento térmico insuficiente o a un exceso de calor aplicado (Parsons et al., 1992). Otros investigadores atribuyen el efecto negativo de los fitatos en el metabolismo proteico más que a la formación de un complejo fitato-proteína, a la capacidad de inhibir enzimas digestivas. Según Nair et al, (1991) es conocido que el ácido fítico inhibe la α amilasa de diferentes orígenes, además la tripsina, tirosinasa y pepsina El fitato inhibe enzimas como la pepsina, ya que al pH ácido al cual ésta es activa se promueven fuertes uniones electrostáticas entre ambos; lo mismo ocurre con aquellas enzimas que tienen un pH óptimo ácido.

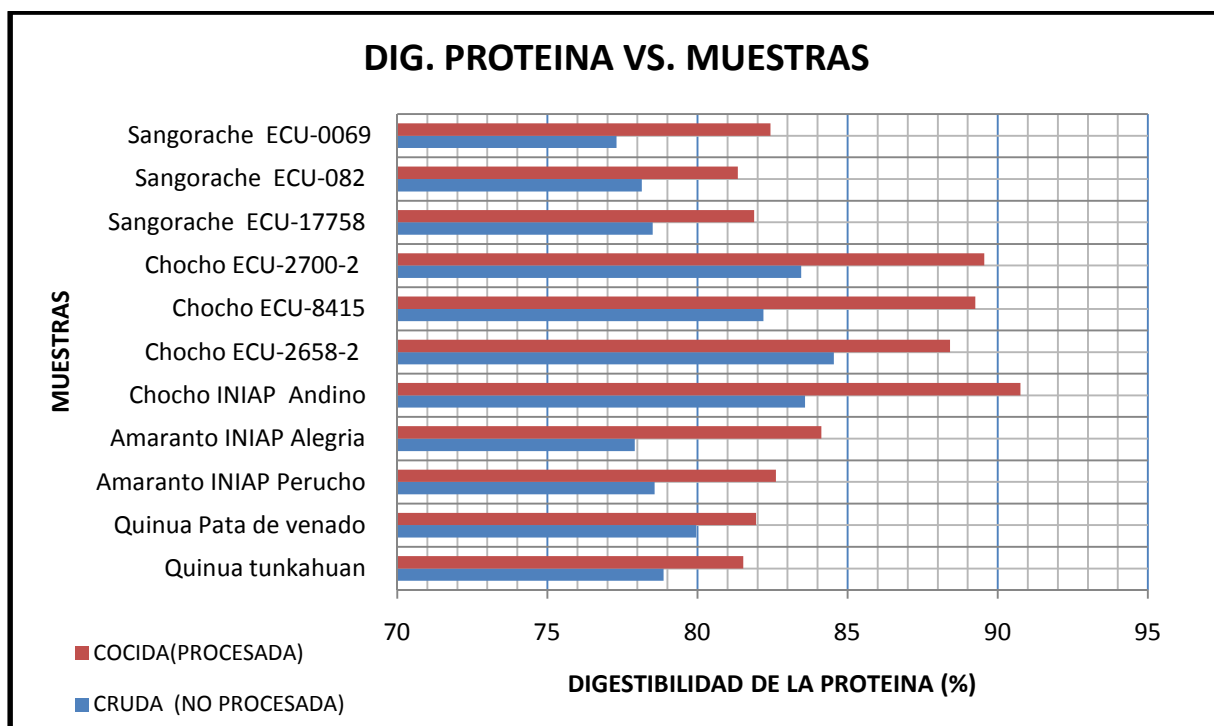


Figura 12.- Digestibilidad proteica en muestras Crudas (no procesada) y (procesadas) de varios granos andinos

Elaborado por: Belén Riera, 2011

La calidad de una proteína puede modificarse por los tratamientos tecnológicos y culinarios y también por la presencia en ellos de factores antinutricionales que afectan la biodisponibilidad de los aminoácidos.

Los resultados de la digestibilidad proteica de los granos andinos también es influenciada por la interacción entre el ácido fítico y las proteínas, lo que depende de la carga eléctrica neta de la proteína, de su conformación y de las interacciones con los minerales a un determinado pH dado. A valores bajos, inferiores al punto isoeléctrico de las proteínas, éstas se encuentran cargadas positivamente y el ácido fítico negativamente. En estas condiciones, se produce una fuerte interacción electrostática entre los grupos amino terminal de las proteínas y los ésteres fosfatos aniónicos del ácido fítico, formándose en complejo binario. A pH elevado la interacción entre las proteínas y el ácido fítico disminuye, los grupos lisil y arginil pierden su carga y por tanto su capacidad de formar complejos binarios (Cheryan, 1980).

4.1.5. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LISINA DISPONIBLE EN LÍNEAS Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE PROCESADO (COCCIÓN) Y NO PROCESADO (CRUDO).

Determinación del contenido de lisina disponible en quinua

En la Tabla 122 ver Anexo A, muestra influencia de la condición del grano y el genotipo sobre la lisina disponible.

Se puede afirmar que la variedad Pata De Venado cocida presenta el mayor contenido de lisina disponible (0.8 gr/100 gr proteína), seguido por Pata de Venado cocido (0.7 gr/100 gr proteína) ver Anexo A (Tabla 123).

Determinación el contenido de lisina disponible en amaranto

Se determinó que la condición del grano incide significativamente en el contenido de lisina disponible. No se determina influencia del genotipo del grano Mediante el análisis de varianza (Tabla 124) ver Anexo A.

Los granos cocidos presentan mayor contenido de lisina disponible con relación a los granos crudos (Tabla 125) ver Anexo A. Para la variedad INIAP Alegría crudo se registró el menor contenido de lisina disponible 0.687 gr/100 gr proteína.

Determinación el contenido de lisina disponible en Chocho

Existe diferencia significativa en los datos de lisina disponible por efecto del genotipo, la condición del grano y su interacción valores mostrados en la Tabla 126 del Anexo A.

El proceso de cocción favorece la disponibilidad de lisina, obteniendo valores más altos en comparación a las muestras en estado crudo (Tabla 127) ver Anexo A, evidencia que, a excepción de la línea ECU-2700-2 con (1.07 gr/100 gr proteína) que se ubico en el rango estadístico (cd). INIAP Andino cocido se ubico en el rango estadístico (a) con un valor de 1.19 gr/100 gr proteína, seguido por ECU-8415, ECU-2658-2 cocidos con 1.15 gr/100 gr proteína.

Determinación el contenido de lisina disponible en Sangorache

En la Tabla 128 (Anexo A), muestra que existe diferencia en el contenido de lisina disponible solo por efecto de la condición del grano.

Las líneas y/o variedades sometidos a cocción obtuvieron valores de 0.5 gr/100 gr proteína; seguido se encuentra las líneas y/o variedades en estado crudo con valores de 0.4 gr/100 gr proteína, en la Tabla 129, se detalla la prueba Tukey (Anexo A).

El contenido de lisina disponible de las especies en estudio se evidencia en la Tabla 2 notándose que el proceso de cocción ayuda a incrementar el contenido de lisina disponible entre el 1% a 2%, según Hurell, (1992) se ha reportado que la aplicación de calor a las proteínas puede inducir cambios en su molécula que tienen poco efecto en su digestibilidad pero deja a los aminoácidos absorbidos menos disponibles Después de la digestión, los aminoácidos alterados por el calor pueden ser metabolizados en las paredes intestinales y por consiguiente no absorberse en la sangre portal.

Tabla 2.- Lisina disponible granos andinos (chocho, amaranto, sangorache, quinua)

DESCRIPCIÓN	Lisina (gr/100gr de proteína)		Lisina disp. (gr/100gr de proteína)	
	CRUDA	COCIDA	CRUDA	COCIDA
Quinoa Tunkahuan	4,434	4,750	0,584	0,611
Quinoa Pata de venado	6,530	7,024	0,776	0,803
Amaranto INIAP Perucho	4,119	4,370	0,636	0,677
Amaranto INIAP Alegría	4,196	4,460	0,623	0,681
Chocho INIAP Andino	3,095	2,620	1,087	1,189
Chocho ECU-2658-2	3,071	2,600	1,091	1,149
Chocho ECU-8415	3,048	2,580	1,052	1,151
Chocho ECU-2700-2	2,833	2,400	0,993	1,075
Sangorache ECU-17758	3,933	4,022	0,471	0,500
Sangorache ECU-082	3,891	3,978	0,477	0,504
Sangorache ECU-0069	3,827	3,912	0,472	0,511

Elaborado por: Belén Riera, 2011

El chocho es la especie con el mayor contenido de lisina disponible, mientras que el sangorache presenta el menor contenido.

En la Figura 18 se puede notar claramente que el proceso de cocción influye directamente sobre el contenido de lisina disponible. De la especies estudiadas el chocho presentó mayor contenido de lisina disponible (1.19 gr/100 gr proteína), lo cual se correlaciona con el mayor contenido de proteína digerible tanto en el grano crudo como en el cocido, al respecto Moughan, (2005) menciona que los valores de lisina disponible puede variar al ser sometidos a los alimentos a procesos o almacenados por periodos largos, la lisina puede perder su valor nutricional, principalmente por efecto de la reacción de Maillard, la cual involucra la interacción de un azúcar reductor con el grupo e-amino de la lisina. Esta lisina que reaccionó no es susceptible al ataque enzimático quedando nutricionalmente no disponible

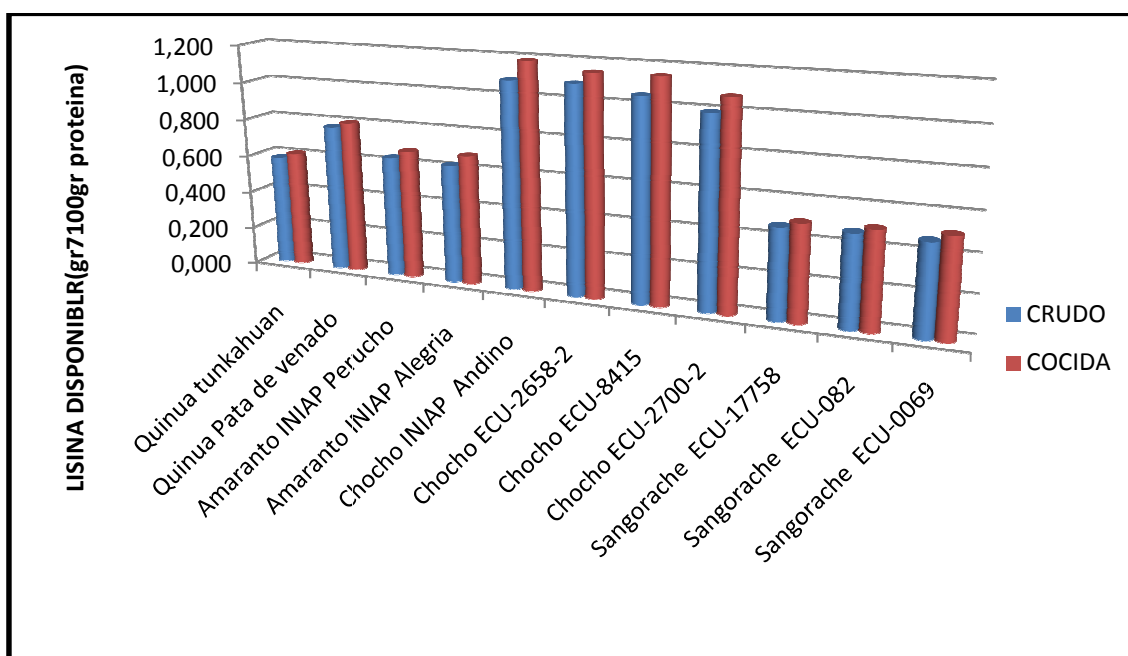


Figura 13.-Lisina disponible en genotipos de varios granos andinos.

Elaborado por: Belén Riera, 2011

El sangorache presentó menor contenido de lisina disponible (0.47 gr/100 gr proteína). Sin embargo la presencia de este aminoácido en la proteína es notable; acorde a lo por la OMS/FAO de 0.55g/100gr proteína)

La absorción de los nutrientes depende tanto de factores intrínsecos al individuo como de externos. Dentro de los primeros influyen el sexo, la edad, la etapa de desarrollo,

características y anomalías genéticas, la flora intestinal, el estado fisiológico y nutricional (Bacon, et al., 2002)

4.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa:

La acción fuertemente quelante del ácido fítico como factor antinutricional incide en la baja biodisponibilidad de minerales en los granos andinos del Ecuador.

El ácido fítico es un antinutricional muy efectivo que actúa principalmente en minerales tales como el hierro, fósforo y zinc en todos los granos andinos en estudio (chocho, amaranto, quinua y sangorache).

Minerales como el cobre, potasio y magnesio no se vieron afectadas por la presencia de ácido fítico en la estructura de las semillas.

Mediante Tukey al 5% se demostró que el proceso que presenta significativa disminución en el contenido de ácido fítico es la cocción sobre todo en las variedades de chocho dejando de lado al proceso de tostado y fritura.

El porcentaje de proteína digerible no se vio afectada por el ácido fítico teniendo buenos resultados aplicando el proceso de cocción.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los niveles de ácido fítico presente en los granos andinos varió entre (0.9 al 1.25%). De las cuatro especies consideradas en este estudio el amaranto y el sangorache presentaron el mayor contenido (1.25%) mientras que el chocho registró el menor contenido, sobre todo en las líneas ECU-2700-2 (0.9%) Y ECU-2658-2 (1%)
- La fritura y el tostado aplicado a las líneas y/o variedades en estudio mostraron un notable incremento en el contenido de ácido fítico, con respecto al valor encontrado en los granos nativos; se debe a que la aplicación de calor excesivo destruye por completo a las enzimas endógenas que ayudan a degradar el ácido fítico.
- La cocción húmeda de los granos, reduce el contenido inicial de ácido fítico. No obstante, este proceso es insuficiente para alcanzar un cociente fitato/mineral que garantice una adecuada biodisponibilidad.
- Se determinó que el hierro, zinc y fósforo son afectados drásticamente por la presencia del ácido fítico tanto en el grano en estado crudo como en el sometido a cocción, la biodisponibilidad fue relativamente inferior de estos elementos a los requerimientos del organismo; siendo los elementos menos asimilables de todos los minerales estudiados con niveles que no superan el 1% en las especies estudiadas.
- La biodisponibilidad de los minerales fue lo siguiente: sodio (15.48%), manganeso (16.13%), potasio (34.79%), magnesio (41.19%), cobre (51%); las mismas que se enmarcan en niveles normales y esperados para los vegetales en general; no se vio afectada por la presencia del ácido fítico.

- La digestibilidad *in vitro* de la proteína mejora cuando los granos son sometidos a un tratamiento térmico, lo cual implica que las proteínas pueden ser mayormente aprovechadas por el organismo. De todas las especies en estudio; las líneas y/o variedades que presentaron mayor digestibilidad proteica son las de chocho alcanzando valores del 90%; en el caso del amaranto, sangorache y quinua sus valores de digestibilidad oscilan entre el 82 % y 85%, el valor menor registrado fue para el sangorache ECU-0069 con 77,3% en estado crudo.
- Los niveles de lisina disponible fueron más altos para el chocho con 1.18 g/100 g proteína, revelando que INIAP Andino-450 presentó mayor contenido (1.18 gr/100 gr proteína), lo cual se correlaciona con el contenido de proteína digerible tanto en el grano crudo como en el cocido. El sangorache presentó el menor contenido de lisina disponible con 0.47 gr/100 gr proteína.

5.2 RECOMENDACIONES

- Los niveles de ácido fítico obtenidos para los diferentes granos andinos podrían verse favorecidos al estudiar el efecto de la adición de una fitasa exógena procedente de *Aspergillus oryzae* que permita la disminución de ácido fítico y la mejora en la disponibilidad mineral, lo cual ayudará a contrarrestar el elevado riesgo que presentan ciertos grupos vulnerables de la población a enfermedades tales como la anemia.
- Al no obtener resultados favorables con el proceso de tostado y de fritura lo más lógico sería encaminar estudios sobre el efecto de la germinación de los granos andinos utilizando determinados tiempos de remojo, que permita disminuir el contenido ácido fítico.
- Evaluar el proceso de cocción en agua a diferentes tiempos y temperaturas, a fin de identificar las condiciones apropiadas para la disminución del ácido fítico, y más aun cuando la cocción tuvo buenos resultados obteniendo niveles de fitatos bajos.
- Determinar otras estrategias encaminadas a incrementar la disponibilidad de minerales en granos andinos dando énfasis a aquellos elementos que fueron muy poco biodisponibles como el Hierro, como la adición de promotores de absorción en dosis adecuadas y la biofortificación (incremento de minerales en la planta).

CAPITULO VII

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

6.1.1. TITULO.- “Estudio del efecto de la germinación del amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) a determinados tiempos de remojo para disminuir el contenido de ácido fítico y mejorar la biodisponibilidad de minerales.”

6.1.2. UNIDAD EJECUTORA

- Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
- Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos (FCIAL) de la Universidad Técnica de Ambato (UTA).
- Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina (EESC)

6.1.3. BENEFICIARIOS

- Profesionales en el área Alimenticia, Bioquímica.
- Estudiantes de Ingeniería Alimentaria, Bioquímica o afines.
- Consumidores y productores de amaranto.
- Comunidad científica

6.1.4. DIRECTORES DEL PROYECTO

- Ing. Elena Villacrés
- Ing. Eduardo Peralta

6.1.5. PERSONAL OPERATIVO

- Técnicos del Departamento de Nutrición y Calidad.
- Egresados de la Carrera de Ingeniería Bioquímica o en Alimentos de la FCIAL.
- Egresados de otras universidades.

6.1.6. TIEMPO DE DURACIÓN.- 12 meses

6.1.7. FECHA DE INICIO.- Enero del 2012

6.1.8. LUGAR DE EJECUCIÓN.- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Históricamente, el origen o domesticación del amaranto se ha ubicado en Centroamérica, Norteamérica (Guatemala y México) y Sudamérica (Ecuador, Perú y Bolivia). Este fue uno de los principales productos para la alimentación de las culturas precolombinas de América. Para los mayas, aztecas e incas, el amaranto fue la principal fuente de proteínas y se consumía como hortaliza y grano reventado, (Peralta, 2009).

Desde el año 2002, el INIAP retomó la investigación del amaranto y el sangorache, y viene promocionando su cultivo y uso, con base a sus contenidos nutricionales, potencial agroindustrial y farmacológico (Peralta, 2009).

En el año 2009, el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Salud, impulsa la diversificación y mejoramiento de la alimentación, a través del consumo de alimentos ricos en aminoácidos esenciales. (Peralta *et al*, 2009).

Desde el año 2007, en el INIAP se ha venido dando énfasis en el estudio de antinutricionales en granos andinos y sobre todo en los efectos ocasionados por el ácido fítico conocido por su estructura capaz de quelar minerales tan importantes como el hierro y zinc y provocar enfermedades tales como la anemia entre otras.

6.3. JUSTIFICACIÓN

Los antinutricionales son de naturaleza variada y por tanto reaccionan de diferente manera con las sustancias alimenticias.

En el presente trabajo se cuantificará el contenido de antinutricionales en el grano crudo y procesado, mediante la aplicación de técnicas de transformación comúnmente utilizados en la industria alimenticia con el fin de determinar el aporte nutricional efectivo de estos granos y su seguridad para el consumo humano, ya que actualmente existe un marcado interés de las agroindustrias, los consumidores y el Gobierno Nacional por expandir el cultivo y la utilización de estas especies.

El tiempo de germinación más efectivo permitirá disminuir el contenido de ácido fítico y por ende se espera un aumento en la biodisponibilidad mineral y digestibilidad proteica del amaranto.

Adicionalmente, se registra interés y demanda de este grano en los EE.UU y otros países, por lo que grupos privados, agricultores e industriales demandan tecnologías mejoradas de producción, manejo postcosecha y valor agregado.

Es por ello que la creciente demanda de productos ricos nutricionalmente evidencia la necesidad de continuar investigando el ácido fítico, sobre todo aplicar nuevas tecnologías que ayuden a mejorar la biodisponibilidad mineral del amaranto.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. GENERAL:

- Estudiar el efecto de la germinación del amaranto (*Amaranthus caudatus* L) a determinados tiempos de remojo para disminuir el contenido de ácido fítico y mejorar la biodisponibilidad de minerales

6.4.2. ESPECÍFICOS:

- Determinar el contenido de ácido fítico en el grano de amaranto (*Amaranthus caudatus* L) en estado crudo.
- Establecer el tiempo adecuado de germinación para disminuir el contenido de ácido fítico.
- Determinar la biodisponibilidad de minerales en el amaranto germinado.
- Determinar el perfil nutricional del grano de amaranto germinado.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La propuesta de esta investigación se hace factible para mejorar la biodisponibilidad mineral en amaranto, además proporcionar alimentos nutritivos a los consumidores. A continuación en la tabla, se observa los valores económicos de la propuesta.

Cuadro 28. Valores económicos de la propuesta

Descripción	APORTE INIAP (\$)	APORTE GRADUANDO (\$)
Recursos Humanos Graduando	800	
Recursos Físicos Materiales, equipos y reactivos	5000	
Recursos Económicos Transporte Imprevistos Publicaciones	80	300 100
SUMAN	5880	400
TOTAL	\$7180	

Elaborado por: María Belén Riera

6.6. FUNDAMENTACIÓN

Cultivo de Amaranto

El cultivo de amaranto, *Amaranthus* sp, originario de América y conocido en Ecuador como ataco, sangorache o quinua de castilla, ha sido desplazado de los campos de cultivo, hasta casi desaparecer como especie alimenticia. Cuando los españoles llegaron al continente americano, encontraron al amaranto, junto con el maíz y la quinua, como los principales granos alimenticios de las poblaciones nativas (Nieto, 1989).

Por miles de años el amaranto (*Amaranthus* sp.) ha constituido un alimento importante en el continente Americano, y actualmente ha logrado captar un creciente interés debido a su potencial como alimento y su calidad nutritiva.

El amaranto se distribuye ampliamente en América, donde presenta gran variabilidad genética, que se aprecia en la diversidad de características de la planta, tipo de inflorescencia, color de la semilla, precocidad, contenido proteico de semilla y resistencia a plagas y enfermedades.

En África el amaranto se cultiva como hortaliza. Se adapta a varios tipos de suelos, altitudes, temperaturas y fotoperíodos, además de adaptarse a distintos requerimientos de pH y precipitación. Se conoce que en el continente Americano existen 3.000 accesiones de *Amaranthus* sp. en bancos de germoplasma, lo que representa 87 especies.

La distribución geográfica del amaranto cultivado es amplia (Mujica et al., 1999). Desde el tiempo precolombino, *A. cruentus* se encuentra en México y en la zona central de los EEUU, *A. hypochondriacus* en el sudoeste de los EEUU y *A. caudatus* en la zona andina de América del Sur. Las tres especies se han cultivado para semilla y hojas frescas para el consumo humano, y posiblemente dan origen a *A. hybridus*, que es común en América. Las especies silvestres más importantes en América son: *A. hybridus*, *A. tricolor*, *A. blitum* L., *A. viridis* L. y *A. dubius* Mart. Algunas de las características importantes para el mejoramiento del amaranto a futuro son precocidad, semillas grandes, adaptabilidad a ambientes nuevos, plasticidad genética y alto rendimiento (Jacobsen et al., 2000b).

El valor nutritivo de amaranto es parecido al de la quinua, con un alto contenido de aminoácidos esenciales. Sin embargo, el amaranto no tiene la misma resistencia al frío, por lo que se lo siembra en los valles interandinos. El amaranto tiene la ventaja frente la quinua de no contener saponinas, por lo que no requiere del proceso de desaponificación y no representa un riesgo para el consumo ni para el medio ambiente.

El amaranto puede ser aprovechado para elaboración de harinas y mezcla con otros cereales, dando como resultado un alimento rico en nutrientes y de esta manera aportar a la dieta nutricional de los moradores tanto del área rural como urbana (Nieto, 1989).

VALOR NUTRITIVO DEL AMARANTO

La riqueza nutritiva tanto del amaranto como de la quinua, son muy similares, se puede destacar el mayor contenido de leucina de la quinua, que no es deficitaria como el amaranto en este aminoácido esencial.

El contenido de aminoácidos esenciales y ácidos grasos esenciales en la quinua le permite ser asignada como alimento ideal y completo, incluso como reemplazo de alimentos de alto valor biológico como carne, leche.

Cuadro 29. Nutrientes en la semilla de amaranto vs. Cereales (mg/100 gr)

Nutrimento	Amaranto	Maíz	Arroz	Trigo
Fósforo	600	-	-	-
Potasio	563	284	214	370
Calcio	303	158	32	58
Magnesio	344	147	106	160
Hierro	5.3	2.3	1.4	0.9

Fuente: María De La Luz Ramírez (INIFAP) 2010.

Ácido fítico

Se ha señalado que la fibra aparte de sus efectos beneficiosos, podría disminuir el aprovechamiento de los minerales (Mod; *et al* 1981). Sin embargo estudios más recientes llevados a cabo in vitro y en humanos, señalan a los fitatos como a los principales causantes de la disminución de la biodisponibilidad del hierro y zinc de los alimentos (Hallberg; *et al* 1987). El ácido fítico posee una fuerte capacidad quelante con cationes multivalentes, especialmente di y trivalentes como hierro, zinc, calcio y cobre con los que forma complejos insolubles a pH cercano a la neutralidad. La disminución de la absorción de hierro que produce el consumo de dietas con elevado contenido de ácido fítico puede ser eliminada cuando la dieta contiene suficiente cantidad de componentes que estimulan la absorción contrarrestando el efecto inhibitor del ácido fítico, tales como el ácido ascórbico y la carne (García; *et al* 1985).

Germinación

Los métodos físicos de procesamiento industrial utilizados habitualmente tales como la molienda o triturado del cereal, consiguen reducir los niveles de ácido fítico, aunque el remojo y la germinación de las semillas, así como los procesos de fermentación han demostrado ser más eficaces en la eliminación de los fitatos presentes. El fundamento de estos últimos es la activación de las fitasas endógenas de las semillas, que producen una degradación del contenido en ácido fítico (Denstadli; et al 2006)

Durante la germinación de las semillas presentan muchos cambios en la composición debido a la utilización de sus reservas (carbohidratos, lípidos y proteínas), para el desarrollo de su eje embrionario.

Clasificación de las principales metodologías analíticas para la determinación de fitato

A continuación se clasifican y comentan los métodos de mayor relevancia que aparecen en la bibliografía para la determinación del fitato. Se realiza una clasificación en cinco grupos:

- Métodos basados en el uso de la cromatografía líquida de alta resolución
- Métodos basados en la hidrólisis del fitato
- Métodos basados en la determinación de fósforo total
- Métodos basados en el uso de reacciones paralelas
- Otras metodologías

6.7. METODOLOGÍA (MODELO OPERATIVO)

En la siguiente tabla se presenta el Plan de Acción que se llevará a cabo durante la ejecución del Proyecto de Investigación, que contempla las siguientes etapas:

Cuadro 30. Modelo Operativo (Plan de Acción)

Fases	Metas	Actividades	Responsable	Recursos	Presupuesto	Tiempo
1. Formulación de la propuesta	Revisión bibliográfica	Determinar el contenido de ácido fítico en el grano amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> L) en estado crudo.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	2000	2 meses
2. Desarrollo de la propuesta	Cronograma de la propuesta	Germinado del grano de amaranto.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	1000	3 meses
3. Implementación de la propuesta	Ejecución de la propuesta	Biodisponibilidad de minerales en amaranto germinado.	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	3000	5 meses
4. Evaluación de la propuesta	Comprobación del proceso de la implementación	Realización del perfil nutricional del grano de amaranto germinado	Investigador	Humanos Técnicos Económicos	1180	2 meses

Elaborado por: María Belén Riera

6.8. ADMINISTRACIÓN

La administración de la propuesta se llevará a cabo bajo el siguiente planteamiento:

Cuadro 31. Administración de la propuesta

Características a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
<ul style="list-style-type: none"> - Calidad nutricional del amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i> L) - Problemas de desnutrición 	<p>Evaluación del contenido de ácido fítico en chocho, amaranto, quinua, sangorache; crudo y procesado (cocción, fritura, tostado)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor biodisponibilidad de minerales tales como hierro, fósforo y zinc. - Disminución de fitatos aplicando germinación al grano de amaranto. - Dar valor agregado a los granos andinos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer la mejor metodología para la disminución de fitatos. - Determinar la concentración de minerales biodisponibles. - Conocer las propiedades nutritivas que posee el amaranto. 	<p>Técnicos del departamento de nutrición y calidad.</p>

Elaborado por: María Belén Riera

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

La previsión de la evaluación plantea la toma de decisiones oportunas que permitan mantener la propuesta de solución, mejorarla, modificarla, suprimirla o sustituirla, la que se simplifica de la siguiente manera:

Cuadro 32. Previsión de la evaluación de la investigación propuesta

Preguntas Básicas	Explicación
¿Quiénes solicitan evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicos del Departamento de Nutrición y Calidad (INIAP). - Técnicos del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) - Consumidores.
¿Por qué evaluar?	- Por que se pretende tener más información acerca de la acción que posee el ácido fítico sobre granos andinos especialmente sobre amaranto, mediante la aplicación de técnicas que permitan su consumo seguro.
¿Para qué evaluar?	- Para verificar la calidad nutricional que el amaranto posee y brindar mayor beneficio a los consumidores.
¿Qué evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Composición proximal de amaranto. - Porcentaje de fitatos. - Digestibilidad de la proteína. - Biodisponibilidad mineral.
¿Quién evalúa?	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicos del Departamento de Nutrición y Calidad (INIAP). - Egresados de las carreras de Ingeniería en Alimentos, Bioquímica o afines.
¿Cuándo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - La determinación de fitatos se lo realiza después de tener el grano de amaranto germinado al inicio de la investigación. - La digestibilidad proteica y la biodisponibilidad de minerales se evalúa al conocer el tiempo de germinado adecuado.
¿Cómo evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Para la determinación de fitatos se evalúa a través de análisis químico, por medio de un espectrofotómetro UV. - La biodisponibilidad mineral se realizará mediante un espectrofotómetro de absorción atómico.
¿Con que evaluar?	<ul style="list-style-type: none"> - Observación directa - Reactivos. - Equipos.

Elaborado por: María Belén Riera

MATERIALES DE REFERENCIA

BIBLIOGRAFÍA

- **Anderson RJ. 1914.** *A contribution to the chemistry of phytin.* s.l. : J. Biol. Chem, 1914. págs. 171- 190. Vol. 17.
- **Augspurger NR., Baker DH. 2004.** *Phytase improves diet ary calcium utilization in chicks, and oyster shell, carbonate, citrate and citrate-malate forms of calcium are 287 equally bioavailable.* s.l. : J. Nutr, 2004. págs. 293- 301. Vol. 24. 4.
- **Barberá R., Farré R. 1992.** *Biodisponibilidad de los elementos traza.* s.l. : Revista española de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 1992. págs. 381-399. Vol. 34. 4.
- **Berseth CL., Van Aerde JE., Gross S., Stolz SI., Harris CL., Hansen JW. 2004.** *Growth, efficacy and safety of feeding an ironfortified human milk fortifie.* s.l. : Pediatrics, 2004. págs. 699-706. Vol. 114. 6.
- **Blanco, O . 1982.** *Genetic variability of tarwi (Lupinus mutabilis Sweet).* *En Agricultural and Nutritional Aspects of Lupines .* [ed.] R. Gross y E.S. Bunting. 1982. págs. 33-49.
- **Bohn T, Davidsson L, Walczyk T, Hurrell RF. 2004.** *Phytic acid added to white-wheat bread inhibits fractional apparent magnesium absorption in humans.* s.l. : J Clin Nut, 2004. págs. 418-23. Vol. 3.
- **Bosscher D., Lu Z., Van Cauwenbergh R, Van Caillie-Bertrand M, Robberecht H, Deelstra H. 2001.** *A method for in vitro determination of calcium, iron and zinc availability from first-age infant formula and human milk.* s.l. : International Journal of Food Scienc, 2001. págs. 173- 182. Vol. 52.
- **Carnovale E, Lugaro E, Lombardi-Boccia G. 1988.** *Phytic acid in faba bean and pea: effect on protein availability.* s.l. : Cereal Chem, 1988. págs. 114-17. Vol. 65.
- **Couzy F., Mansourian R., Labate A., Guinchard S., Montagne DH., Dirren H. 1998.** *Effect of dietary phytic acid on zinc absorption in the healthy elderly, as assessed by serum concentration curve test.* s.l. : British Journal of Nutrition, 1998. págs. 177- 182. Vol. 80. 2.

- **Chen YC., Yiang CI., Lin RS., Pu YS., Lai MK. 2005.** *Diet vegetarian food and prostate carcinoma among men in Taiwan.* s.l. : J. Cancer, 2005. págs. 1057-61. Vol. 9.
- **Chen YC., Yiang CI., Lin RS., Pu YS., Lai MK., Sung FC. 2005.** *Diet vegetarian food and prostate carcinoma among men in Taiwan.* s.l. : J. Cancer, 2005. págs. 1057-61. Vol. 9.
- **Cherian M. 1980.** *Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Phytic acid interactions in foods systems.* 1980. págs. 297-329. Vol. 13.
- **Davidsson L, Almgren A, Juillerat MA, Hurrell RF. 1995.** *Manganese absorption in humans: the effect of phytic acid and ascorbic acid in soy formula.* s.l. : J Clin Nutr, 1995. págs. 984-7. Vol. 5.
- **Davies, N. T. . 1979.** *Antinutrients factors affecting mineral utilization.* . s.l. : Proceedings of the Nutrition Society, 1979. pág. 121. Vol. 38.
- **Deshpande SS, Damodaran S. 1989.** *Effect of phytate on solubilty, activity and conformation of trypsin and chymotrypsin.* s.l. : J Food Sci, 1989. págs. 695-99. Vol. 54.
- **Egli I.M. 2001.** *Traditional food processing methods to increase mineral bioavailability from cereal and legume based weaning foods.* Tesis doctoral. Swiss Federal Institute of Technology. Zurich (Suiza) : s.n., 2001.
- **Engle-Stone R, Yeung A, Welch R, Glahn R. 2005.** *Meat and ascorbic acid can promote Fe availability from Fe-phytate but not from Fe-tannic acid complexes.* s.l. : J Agric Food Chem, 2005. págs. 10276-84. Vol. 53. 26.
- **Erdman J. W. 1979.** *Oilseed phytates: nutritional implications.* s.l. : Journal of the American Oil Chemist Society, 1979. págs. 736- 741. Vol. 56.
- **Fairweather-Tait S., Hurrell RF. 1996.** *Bioavailability of minerals and trace elements.* s.l. : J. Nutr., 1996. págs. 295-324. Vol. 9.
- **FAO (Food and Agriculture Organization) . 1987.** *Promoting under exploited food plants in Africa.* 1987.
- **FAO. 1986.** *Informe final – Reunión sobre cultivos andinos subexplotados de valor nutricional. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.* 1986. pág. 27.

- —. **2002.** *Informe la agricultura en el mundo: hacia 2015/2030, evaluación de la FAO, desarrollo a largo plazo de la alimentación, la nutrición y la agricultura en 1995, 1988, 1981 y 1970.* 2002.
- **Febles C.I., Arias A., Hardisson A., Rodriguez- Alvarez C., Sierra A. 2001.** *Phytic acid level in infant flours.* s.l. : Food Chemistry, 2001. págs. 437-441. Vol. 74.
- **Fredlund K, Bergman EL, RossanderHulthen L, Isaksson M, Almgren A, Sandberg AS Dec. 2003.** *Treatment and malting of barley improved zinc absorption but not calcium absorption in humans.* s.l. : J Clin Nutr., 2003. págs. 1507-13. Vol. 57.
- **Frias, J., Doblado, R., Antezana, J.R., Vidal- Valverde, C. 2003.** *Inositol phosphate degradation by the action of phytase enzyme in legume seeds.* s.l. : Food Chemistry, 2003. págs. 233-239. Vol. 81.
- **Gross, R., E. von Baer, F. Koch, R. Marquard, L. Trugo y M. Wink. . 1988.** *Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (Lupinus mutabilis cv. Inti) with low alkaloid content.* s.l. : J. Food Comp. , 1988. págs. 353-361. Vol. 1.
- **Hallberg L., Brune M. and Rossander L. 1989.** *Iron absorption in man: ascorbic acid and dose-dependent inhibition by phytate.* s.l. : J. Clin. Nutr, 1989. págs. 140-144. Vol. 49.
- **Heaney RP. 2006.** *Absorbability and utility of calcium in mineral waters.* s.l. : J. Clin Nut, 2006. págs. 133-138. Vol. 84.
- **Hotz C, Gibson RS, Temple L. 2001.** *A home-based method to reduce phytate content and increase zinc bioavailability in maize-based complementary diets.* s.l. : J Food Sci Nutr, 2001. págs. 133-42. Vol. 52. 2.
- **Hurrell RF. 2004.** *Phytic acid degradation as a means of improving iron absorption.* s.l. : J. Vitam. Nutr. Res, 2004. págs. 445-452. Vol. 74. 6.
- **Hurrell RF., Juillerat MA., Reddy MB., Lynch SR., Dassenko SA. 1992.** *Soy protein, phytate, and iron absorption in humans.* s.l. : Clin. Nutr., 1992. págs. 573-578. Vol. 56.
- **Jacobsen, S., E., A. Mujica y L. Guarino. 2000.** *The genetic resources of the Andean grain crop amaranth (Amaranthus caudatus L., A. cruentus L. and A. hypochondriacus L.). Proc. International Conference on Science and Technology for Managing Plant GenetiC Genetic Diversity in the 21st Century, Kuala Lum. Malasia, 12-16 junio. : s.n., 2000.*

- **Landaver, H. . 2001.** *Quinoa y quinoa orgánica: Perfil de producto. Informe para el proyecto Expansion de la Oferta Exportable del Ecuador.* . s.l. : CORPEI-CBi, 2001. pág. 37.
- **Lestienne I., Besançon P., Caporiccio B., Lullien-Péllier V., Tréche S. 2005.** *Iron and zinc in vitro availability in pearl millet flours (*Pennisetum glaucum*) with varying phytate, tannin, and fiber contents.* s.l. : J. Agric. Food Chem, 2005. págs. 3240-3247. Vol. 53.
- **Lolas GM., Palamidis N., Markakis P. 1976.** *The phytic acid-total phosphorus relationship in barley, oats, soybeans and wheat.* s.l. : Cereal Chem, 1976. págs. 867-871. Vol. 53.
- **Lönnerdal B., Ceberblad A., Davidsson L and Sandstrom B. 1984.** *The effect of individual components of soy formula and cows' milk formula on zinc bioavailability.* s.l. : J. Clin. Nutr, 1984. págs. 1064-1070. Vol. 40. 5.
- **Martínez B, Ibáñez MV, Rincón, F. 2002.** *Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas.* s.l. : Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 2002. págs. 219-231. Vol. 52. 3.
- **McCance RA, Widdowson EM. 1935.** *Estimation of phytic acid.* s.l. : Biochem J., 1935. págs. 2694-2695. Vol. 29.
- **McCance RA., Edgecombe CN., Widdowson EM. 1943.** *Phytic acid on iron absorption.* s.l. : Lancet, 1943. págs. 126-128. Vol. 2.
- **Mitjavila S. 1990.** *Sustancias naturales nocivas en los alimentos. In R. Derache, Toxicología y seguridad de los alimentos.* s.l. : Omega, 1990.
- **Morris ER., Ellis R. 1985.** *Bioavailability of dietary calcium: Effect of phytate on adult men consuming non vegetarian diets.* Washington DC : American Chemical Society, 1985. pág. 275.
- **Mujica, A., J. Izquierdo y S, E. Jacobsen. 1999.** *Prueba americana de cultivares de amaranto (*Amaranthus caudatus* L., *Amaranthus hypocondriacus* L. y *Amaranthus cruentus* L.). Reunión Técnica y Taller de Formulación de Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos.* . Arequipa, Perú, : s.n., 1999. págs. 47-54.
- **Nävert B, Sandstrom B, Cederblad A. 1985.** *Reduction of the phytate content of bran by leavening in bread and its effect on zinc absorption in man.* s.l. : J Nutr, 1985. págs. 47-53. Vol. 53.

- **Navert, B. 1985.** *Reduction of the phytate content of bran by leavernig in bread and efect.* s.l. : J Nutr., 1985. págs. 43-53. Vol. 53.
- **Nelson TS . 1967.** *The utilization of phytin phosphorous by poultry.* s.l. : Poultry Sci, 1967. págs. 862-869. Vol. 46.
- **Nieto, C. . 2001.** *Cultivo, producción y conservación de la quinua en Ecuador.* Lima : Memorias, Primer Taller Internacional sobre Quinua – Recursos Genéticos y Sistemas de Producción 10- 14 mayo UNALM, 2001.
- **Nieto, C. 1997.** *Los sistemas de producción agrícola campesina en los Andes del Ecuador. La sostenibilidad de los sistemas de producción campesina en Los Andes.* Lima : CONDESAN, 1997. págs. 79-130.
- **Perales S., Barberá R., Lagarda MJ., Farré R. 2005.** *Bioavailabilty of calcium from milkbased formulas and fruit juices containing milk and cereals estimated by in vitro methods (solubility, dializability and uptake and transport by Caco-2 cells).* s.l. : J of Agric. Food Chem, 2005. págs. 3721-3726. Vol. 53.
- **Pinggera W. 2004.** *Treatment of disorders of iron metabolism.* . s.l. : MMW Fortschr Med, 2004. págs. 37-40. Vol. 146. 48.
- **Popenoe, H., S.R. King, J. Leon, L.S. Kalinowski, N.D. Vietmeyer y M. Dafforn. . 1989.** *Lost crops of the Incas: Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation.* s.l. : National Academy Press, 1989.
- **Porres J.M., Etcheverry P., Miller DD., Lei XG. 2001.** *Phytase and citric acid supplementation in whole-bread improves phytate phosphorous release and iron dializability.* s.l. : Journal of Food Science, 2001. Vol. 66. 4.
- **Raboy V., Noaman MN., Taylor GA., Pickett SG. 1991.** *Grain phytic acid and protein are highly correlated in winter wheat.* 1991. págs. 631-635.
- **Sandberg AS., Brune M., Carlsson NG., Hallberg L., Skoglund E., Rossander-Hulthén L. 1999.** *Inositol hosphates with different numbers of phosphate groups influence iron absorption in humans.* s.l. : J. Clin. Nut, 1999. págs. 240-246. Vol. 70.
- **Sandström B., Almgren A., Kivistö B., Cederblad A. 1987.** *Zinc absorption in humans from meals based on rye, barley, oatmeal, triticale and whole wheat.* s.l. : J. Nutr, 1987. págs. 1989-1902. Vol. 117.

- **Schuman K., Elsenhaus B., Gordon D., Schlemmer U. . 1994.** *Bioavailability. Different aspects of “bioavailability” in perspective.* s.l. : J. Nutr, 1994. págs. 950-952. Vol. 76. 6.
- **SEDCA (Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación), . 2006.** www.nutricion.org. [En línea] 2006.
- **Snider M. Liebman M. . 1992.** *Calcium additives and sprouted wheat effects on phytate hydrolysis in whole wheat bread.* s.l. : J Food Sci, 1992. págs. 118-20. Vol. 57.
- **Thompson L. U. 1988.** *Antinutrients and blood glucose.* s.l. : Food Techno, 1988. págs. 123-132. Vol. 42. 2.
- **Turnlund JR, King JC , Gong B, Keyes WR, Michel MC. 1985.** *A stable isotope study of copper absorption in young men: effect of phytate and alpha-cellulose.* s.l. : J Clin Nutr, 1985. págs. 18-23. Vol. 42.
- **Uauy, R., C. Albala y J. Kain. 2001.** *Obesity trends in latin america: transiting from under to overweight.* s.l. : J Nutr Mar, 2001. págs. 893-8939. Vol. 3.
- **Viadel, M. B. 2002.** *Biodisponibilidad de calcio, hierro y cinc en leguminosas mediante ensayos in vitro con cultivos celulares. Tesis doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de Valencia. 2002.*
- **Wang C. F., Tsay S. M., Lee C. Y., Liu S. M., Aras N. K. 1992.** *Phytate content in Taiwanese diet determined by ³¹P. Fourier Transform Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy.* s.l. : J. Agric. Food Chem, 1992. págs. 1030-1033. Vol. 40.
- **Weaver CM, Heaney RP, Martin BR, Fitzsimmons ML. 1991.** *Human calcium absorption from whole-wheat products.* s.l. : J Nutr, 1991. págs. 1769-75. Vol. 11.
- **Wienk KJ., Marx JJ., Beynen AC. 1999.** *The concept of iron bioavailability and its assessment.* s.l. : J. Nutr, 1999. págs. 51-75. Vol. 38.
- **Zhou R. J., Erdman J. 1995.** *Phytic acid in health and disease.* s.l. : Food Science and Nutrition, 1995. págs. 495-508. Vol. 35. 6.

ANEXO A

TABLAS Y FIGURAS DE RESULTADOS

**DETERMINACIÓN DE LA VARIABILIDAD DEL CONTENIDO DE
ÁCIDO FÍTICO EN LÍNEAS AVANZADAS Y/O VARIEDADES DE
QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE EN ESTADO
CRUDO**

Tabla 3. Contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de quinua en estado crudo.

TUNKAHUAN (QUINUA)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,12	94,413	1,258
2	0,21	74,847	0,997
3	0,13	92,239	1,229
PROMEDIO	0,153	87,166	1,161
PATA DE VENADO (QUINUA)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,14	90,065	1,2
2	0,11	96,586	1,287
3	0,18	81,369	1,084
PROMEDIO	0,143	89,340	1,190

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 4.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico en quinua en estado crudo.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	F_0	$F_{95\%}$	<i>Valor p</i>
MUESTRA	0	1	0	0,08	7,71	0,7891
Error	0,06	4	0,02			
Total	0,06	5				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 5. Contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de amaranto en estado crudo.

INIAP PERUCHO (AMARANTO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,1	98,76	1,316
2	0,12	94,413	1,258
3	0,12	94,413	1,258
PROMEDIO	0,113	95,862	1,277
INIAP ALEGRÍA (AMARANTO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,12	94,413	1,258
2	0,17	83,543	1,113
3	0,11	96,586	1,287
PROMEDIO	0,133	91,514	1,219

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 6.-Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico en amaranto en estado crudo

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
MUESTRA	0,01	1	0,01	1,03	7,71	0,3679
Error	0,02	4	0			
Total	0,02	5				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 7. Contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de chocho en estado crudo.

INIAP ANDINO(CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,1	98,76	1,316
2	0,18	81,369	1,084
3	0,08	103,108	1,374
PROMEDIO	0,120	94,412	1,258
ECU-2658-2 (CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,2	77,021	1,026
2	0,21	74,847	0,997
3	0,19	79,195	1,055
PROMEDIO	0,200	77,021	1,026
ECU-8415(CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,15	87,891	1,171
2	0,12	94,413	1,258
3	0,15	87,891	1,171
PROMEDIO	0,140	90,065	1,200
ECU-2700-2 (CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,18	81,369	1,084
2	0,25	66,152	0,882
3	0,26	63,978	0,853
PROMEDIO	0,230	70,500	0,940

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 8.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico en chocho crudo

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
MUESTRA	0,2	3	0,07	6,18	4,07	0,0177
Error	0,09	8	0,01			
Total	0,28	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 9.- Prueba Tukey para el contenido de ácido fítico en chocho en estado crudo

Muestra	Medias (%)	n	Rangos		
ECU-2700-2	0,94	3	a		
ECU-2658-2	1,03	3		ab	
ECU-8415	1,2	3		ab	
INIAP Andino 450	1,26	3			b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 10. Contenido de ácido fítico en líneas y/o variedades de Sangorache en estado crudo.

ECU-17758 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,12	94,413	1,258
2	0,09	100,934	1,345
3	0,08	103,108	1,374
PROMEDIO	0,097	99,485	1,326
ECU- 082 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,106	97,456	1,299
2	0,1	98,76	1,316
3	0,18	81,369	1,084
PROMEDIO	0,129	92,528	1,233
ECU- 0069 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,11	96,586	1,287
2	0,18	81,369	1,084
3	0,13	92,239	1,229
PROMEDIO	0,140	90,065	1,200

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 11.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico en sangorache en estado crudo

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
MUESTRA	0,03	2	0,01	1,22	5,14	0,3587
Error	0,06	6	0,01			
Total	0,09	8				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

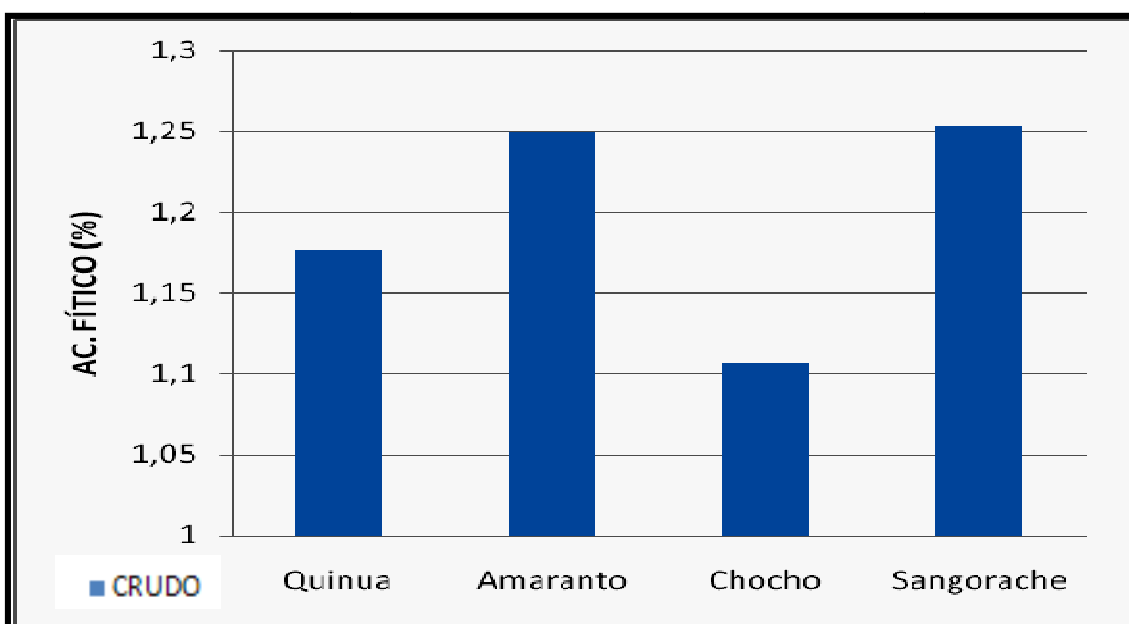


Figura 14.- Contenido de ácido fítico en granos andinos

Elaborado por: Belén Riera, 2011

EFFECTO DE ALGUNOS PROCESOS SOBRE EL CONTENIDO DE ÁCIDO FÍTICO, EN LÍNEAS AVANZADAS Y/O VARIEDADES DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE.

Tabla 12. Determinación de ácido fítico en el grano de quinua cocida.

TUNKAHUAN (QUINUA)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,142	89,63	1,195
2	0,238	68,76	0,916
3	0,22	72,673	0,968
PROMEDIO	0,200	77,021	1,026
PATA DE VENADO (QUINUA)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,251	65,934	0,879
2	0,105	97,673	1,302
3	0,26	63,978	0,853
PROMEDIO	0,205	75,862	1,011

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 13. Determinación de ácido fítico en el grano de quinua tostado.

TUNKAHUAN (QUINUA)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,08	103,108	1,374
2	0,11	96,586	1,287
3	0,067	105,934	1,412
PROMEDIO	0,086	101,876	1,358
PATA DE VENADO (QUINUA)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,049	109,847	1,464
2	0,055	108,543	1,447
3	0,07	105,282	1,403
PROMEDIO	0,058	107,891	1,438

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 14. Determinación de ácido fítico en el grano de quinua frito.

TUNKAHUAN (QUINUA)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,134	91,369	1,218
2	0,154	87,021	1,16
3	0,2	77,021	1,026
PROMEDIO	0,163	85,137	1,135
PATA DE VENADO (QUINUA)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,18	81,369	1,084
2	0,169	83,76	1,116
3	0,122	93,978	1,253
PROMEDIO	0,157	86,369	1,151

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 15.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico de la quinua procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F_{95%}</i>	<i>Valor p</i>
Líneas y/o variedades	0	1	0	0,16	4,75	0,6949
Procesos	0,45	2	0,22	12,47	3,89	0,0012
FACTOR A*FACTOR B	0,01	2	0	0,2	3,89	0,8243
Error	0,22	12	0,02			
Total	0,67	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 16.- Prueba Tukey para el contenido se ácido fítico de la quinua procesada.

Muestra	Medias (%)	n	RANGOS	
Cocido	1,02	6	a	
Frito	1,14	6	a	
Tostado	1,40	6		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 17. Determinación de ácido fítico en el grano de amaranto cocido.

INIAP PERUCHO (AMARANTO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,442	24,413	0,325
2	0,379	38,108	0,508
3	0,408	31,804	0,424
PROMEDIO	0,410	31,442	0,419
INIAP ALEGRÍA (AMARANTO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,325	49,847	0,664
2	0,345	45,5	0,606
3	0,337	47,239	0,629
PROMEDIO	0,336	47,529	0,633

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 18. Determinación de ácido fítico en el grano de amaranto tostado.

INIAP PERUCHO (AMARANTO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,11	96,586	1,287
2	0,11	96,586	1,287
3	0,04	111,804	1,49
PROMEDIO	0,087	101,659	1,355
INIAP ALEGRÍA (AMARANTO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,043	111,152	1,482
2	0,097	99,413	1,325
3	0,097	99,413	1,325
PROMEDIO	0,079	103,326	1,377

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 19. Determinación de ácido fítico en el grano de amaranto frito.

INIAP PERUCHO (AMARANTO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,062	107,021	1,426
2	0,01	118,326	1,577
3	0,043	111,152	1,482
PROMEDIO	0,038	112,166	1,495
INIAP ALEGRÍA (AMARANTO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,069	105,5	1,406
2	0,043	111,152	1,482
3	0,03	113,978	1,519
PROMEDIO	0,047	110,210	1,469

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 20.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico de amaranto procesado

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Líneas y/o variedades	0,02	1	0,02	3,31	4,75	0,0939
Procesos	3,27	2	1,63	243,62	3,89	<0,0001
FACTOR A*FACTOR B	0,05	2	0,02	3,62	3,89	0,0587
Error	0,08	12	0,01			
Total	3,42	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 21.- Prueba Tukey para el contenido de ácido fítico de amaranto procesado.

Muestra	Medias (%)	n	RANGOS	
Cocido	0,53	6	a	
tostado	1,37	6		b
Frito	1,48	6		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 22. Determinación de ácido fítico en el grano de chocho cocido.

INIAP ANDINO(CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,450	22,673	0,302
2	0,476	17,022	0,227
3	0,493	13,326	0,178
PROMEDIO	0,473	17,674	0,236
ECU-2658-2 (CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,449	22,891	0,305
2	0,469	18,543	0,247
3	0,534	4,413	0,059
PROMEDIO	0,484	15,283	0,204
ECU-8415(CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,480	16,152	0,215
2	0,466	19,196	0,256
3	0,481	15,935	0,212
PROMEDIO	0,476	17,094	0,228
ECU-2700-2 (CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,499	12,022	0,160
2	0,492	13,543	0,181
3	0,487	14,630	0,195
PROMEDIO	0,493	13,399	0,179

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 23. Determinación de ácido fítico en el grano de chocho tostado.

INIAP ANDINO(CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,214	73,978	0,986
2	0,184	80,500	1,073
3	0,168	83,978	1,120
PROMEDIO	0,189	79,486	1,060
ECU-2658-2 (CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,266	62,674	0,836
2	0,262	63,543	0,847
3	0,281	59,413	0,792
PROMEDIO	0,270	61,877	0,825

ECU-8415(CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,313	52,457	0,699
2	0,259	64,196	0,856
3	0,313	52,457	0,699
PROMEDIO	0,295	56,370	0,752
ECU-2700-2 (CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,276	60,500	0,807
2	0,305	54,196	0,723
3	0,281	59,413	0,792
PROMEDIO	0,287	58,036	0,774

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 24. Determinación de ácido fítico en el grano de chocho frito.

INIAP ANDINO(CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,165	84,630	1,128
2	0,197	77,674	1,036
3	0,200	77,022	1,027
PROMEDIO	0,187	79,775	1,064
ECU-2658-2 (CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,168	83,978	1,120
2	0,210	74,848	0,998
3	0,260	63,978	0,853
PROMEDIO	0,213	74,268	0,990
ECU-8415(CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,228	70,935	0,946
2	0,186	80,065	1,068
3	0,209	75,065	1,001
PROMEDIO	0,208	75,355	1,005
ECU-2700-2 (CHOCHO)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,222	72,239	0,963
2	0,283	58,978	0,786
3	0,228	70,935	0,946
PROMEDIO	0,244	67,384	0,898

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 25.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico de chocho procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Líneas y/o variedades	0,14	3	0,05	7,89	3,01	0,0008
Procesos	4,14	2	2,07	348,56	3,40	<0,0001
FACTOR A*FACTOR B	0,09	6	0,01	2,47	2,51	0,053
Error	0,14	24	0,01			
Total	4,51	35				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 26.- Prueba Tukey para el contenido para el contenido de ácido fítico de chocho procesado.

MUESTRA	Medias (%)	n	Rangos				
ECU-2700-2 cocido	0,18	3	a				
ECU-2658-2 cocido	0,2	3	a				
ECU-8415 cocido	0,23	3	a				
INIAP ANDINO cocido	0,24	3	a				
ECU-8415 tostado	0,75	3		b			
ECU-2700-2 tostado	0,77	3		b	c		
ECU-2658-2 tostado	0,83	3		b	c	d	
ECU-2700-2 frito	0,9	3		b	c	d	e
ECU-2658-2 frito	0,99	3			c	d	e
ECU-8415 frito	1	3				d	e
INIAP ANDINO tostado	1,06	3					e
INIAP ANDINO frito	1,06	3					e

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 27. Determinación de ácido fítico en el grano de sangorache cocido.

ECU-17758 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,132	91,804	1,224
2	0,135	91,152	1,215
3	0,130	92,239	1,230
PROMEDIO	0,132	91,732	1,223
082 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,182	80,935	1,079
2	0,150	87,891	1,172
3	0,175	82,457	1,099
PROMEDIO	0,169	83,761	1,117

0069 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,188	79,630	1,062
2	0,130	92,239	1,230
3	0,131	92,022	1,227
PROMEDIO	0,150	87,964	1,173

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 28. Determinación de ácido fítico en el grano de sangorache tostado.

ECU-17758 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,095	99,848	1,331
2	0,046	110,500	1,473
3	0,080	103,109	1,375
PROMEDIO	0,074	104,486	1,393
082 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,082	102,674	1,369
2	0,050	109,630	1,462
3	0,075	104,196	1,389
PROMEDIO	0,069	105,500	1,407
0069 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,04	111,80	1,49
2	0,05	110,72	1,48
3	0,03	113,98	1,52
PROMEDIO	0,04	112,17	1,50

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 29. Determinación de ácido fítico en el grano de sangorache frito.

ECU-17758 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,054	108,761	1,450
2	0,028	114,413	1,526
3	0,043	111,152	1,482
PROMEDIO	0,042	111,442	1,486
082 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,043	111,152	1,482

2	0,017	116,804	1,557
3	0,039	112,022	1,494
PROMEDIO	0,033	113,326	1,511
0069 (SANGORACHE)			
MUESTRA	ABSORBANCIA	AC. FITICO (ppm)	AC. FITICO (%)
1	0,033	113,326	1,511
2	0,020	116,152	1,549
3	0,041	111,587	1,488
PROMEDIO	0,031	113,688	1,516

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 30.- Análisis de varianza para el contenido de ácido fítico de sangorache procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Líneas y/o variedades	0,01	2	0,01	2,08	3,55	0,1544
Procesos	0,55	2	0,28	103,27	3,55	<0,0001
FACTOR A*FACTOR B	0,03	4	0,01	2,41	2,93	0,0876
Error	0,05	18	0			
Total	0,64	26				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 31.- Prueba Tukey para el contenido de ácido fítico de sangorache procesado.

Muestra	Medias (%)	n	RANGOS		
Cocido	1,17	9	a		
Tostado	1,43	9		b	
Frito	1,50	9			c

Elaborado por: Belén Riera, 2011

DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES EN GRANOS ANDINOS TANTO CRUDO COMO PROCESADO (COCCIÓN).

Determinación de la biodisponibilidad de minerales en quinua cruda y procesada.

Tabla 32.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en quinua cruda

MUESTRA	Ca	P	Mg	k	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	IDENTIFICACIÓN
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	26,150	0,177	47,421	19,815	19,200	46,667	0,021	24,242	0,675	Quinua Tunkahuan
2	27,980	0,216	54,688	25,777	22,707	55,649	0,024	28,619	0,745	
3	27,165	0,296	51,155	22,896	21,054	51,258	0,025	26,530	0,711	
PROMEDIO	27,098	0,230	51,088	22,830	20,987	51,191	0,023	26,464	0,710	
1	3,893	0,141	46,263	12,000	15,200	96,667	0,069	23,000	0,769	Quinua Pata de venado
2	5,724	0,180	53,531	17,962	18,707	96,672	0,072	27,376	0,838	
3	4,908	0,260	49,997	15,081	17,054	96,769	0,073	25,288	0,805	
PROMEDIO	4,842	0,194	49,930	15,014	16,987	96,703	0,072	25,221	0,804	

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 33.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en quinua procesada

MUESTRA	Ca	P	Mg	k	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	IDENTIFICACIÓN
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	8,354	0,210	60,917	62,906	16,607	72,520	0,004	16,312	0,461	Quinua Tunkahuan
2	7,539	0,290	57,384	60,025	14,954	72,610	0,005	14,224	0,427	
3	6,524	0,171	53,650	56,944	13,100	72,500	0,001	11,935	0,391	
PROMEDIO	7,472	0,224	57,317	59,958	14,887	72,544	0,003	14,157	0,426	
1	10,205	0,141	42,474	61,125	11,000	99,000	0,001	16,667	0,110	Quinua Pata de venado
2	12,036	0,180	49,741	67,087	14,507	95,000	0,004	21,043	0,180	
3	11,221	0,260	46,207	64,206	12,854	97,100	0,005	18,955	0,146	
PROMEDIO	11,154	0,194	46,141	64,139	12,787	97,033	0,003	18,888	0,145	

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 34.- Análisis de varianza para la biodisponibilidad de calcio en quinua cruda y procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F_{95%}</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	132,95	1	132,9	158	5.32	1,50E-06
líneas y/o variedades	258,78	1	258,8	308	5.32	1,14E-07
A*B	504,59	1	504,6	600	5.32	8,23E-09
Error	6,73	8	0,841			
Total	903,04	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 35.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de calcio en quinua cruda y procesada.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias(%)	n	Rangos			
Cocido	Tunkahuan	27,1	3	a			
Crudo	Pata De Venado	11,15	3		b		
Crudo	Tunkahuan	7,47	3			c	
Cocido	Pata De Venado	4,84	3				d

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 36.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de fósforo en quinua cruda y procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0	1	2,70E-05	0,007	5.32	0,93
líneas y/o variedades	0	1	0,003267	0,880	5.32	0,37
A*B	0	1	2,70E-05	0,007	5.32	0,93
Error	0,03	8	0,00371237			
Total	0,03	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 37.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de magnesio en quinua cruda y procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	4,46	1	4,463	0,337	5.32	0,57
líneas y/o variedades	114,1	1	114,099	8,639	5.32	0,018
A*B	75,28	1	75,276	5,699	5.32	0,044
Error	105,66	8	13,20			
Total	299,5	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 38.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de magnesio en quinua cruda y procesada.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
Cocido	Tunkahuan	57,32	3	a	
Crudo	Tunkahuan	51,09	3	a	b
Crudo	Pata De Venado	49,93	3	a	b
Cocido	Pata De Venado	46,14	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 39.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de potasio en quinua cruda y procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	5579,78	1	5579,782	627,609	5.32	6,90E-09
líneas y/o variedades	9,9	1	9,903869	1,1139	5.32	0,32204
A*B	107,93	1	107,9379	12,140	5.32	0,008
Error	71,12	8	8,890008			
Total	5768,74	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 40.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de potasio en quinua cruda y procesada.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos		
Cocido	Pata De Venado	64,14	3	a		
Cocido	Tunkahuan	59,96	3	a		
Crudo	Tunkahuan	22,83	3		b	
Crudo	Pata De Venado	15,01	3			c

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 41.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de sodio en quinua cruda y procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	79,57	1	79,568	25,845	5.32	0,001
líneas y/o variedades	27,91	1	27,908	9,065	5.32	0,017
A*B	2,71	1	2,707	0,879	5.32	0,376
Error	24,63	8	3,079			
Total	134,81	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 42.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de sodio en quinua cruda y procesada.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
Crudo	Tunkahuan	20,99	3	a	
Crudo	Pata De Venado	16,99	3	a	b
Cocido	Tunkahuan	14,89	3		b
Cocido	Pata De Venado	12,79	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 43.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de cobre en quinua cruda y procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	352,63	1	352,62	58,32	5.32	0,00006
líneas y/o variedades	3675,15	1	3675,14	607,91	5.32	0,00000
A*B	331,44	1	331,43	54,82	5.32	0,00008
Error	48,36	8	6,04			
Total	4407,57	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 44.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de cobre en quinua cruda y procesada.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos		
Cocido	Pata De Venado	97,03	3	a		
Crudo	Pata De Venado	96,7	3	a		
Cocido	Tunkahuan	72,54	3		b	
Crudo	Tunkahuan	51,19	3			c

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 45.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de hierro en quinua cruda y procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0,01	1	0,005	1776,91	5.32	1,11E-10
líneas y/o variedades	0	1	0,0017	526,72	5.32	1,38E-08
A*B	0	1	0,0017	531,108	5.32	1,33E-08
Error	0	8	3,30E-06			
Total	0,01	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 46.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de hierro en quinua cruda y procesada.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos		
Crudo	Pata De Venado	0,07	3	a		
Crudo	Tunkahuan	0,02	3		b	
Cocido	Tunkahuan	0	3			c
Cocido	Pata De Venado	0	3			c

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 47.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de manganeso en quinua cruda y procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	260,59	1	260,594	54,3	5.32	0,00008
líneas y/o variedades	9,13	1	9,128	1,9	5.32	0,205
A*B	26,76	1	26,763	5,5	5.32	0,046
Error	38,33	8	4,791			
Total	334,81	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 48.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de manganeso en quinua cruda y procesada.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
Crudo	Tunkahuan	26,46	3	a	
Crudo	Pata De Venado	25,22	3	a	
Cocido	Pata De Venado	18,89	3		b
Cocido	Tunkahuan	14,16	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 49.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de zinc en quinua cruda a y procesada.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0,67	1	0,666	553,96	5.32	1,13E-08
líneas y/o variedades	0,03	1	0,026	21,85	5.32	0,00159
A*B	0,11	1	0,109	87,65	5.32	1,38E-05
Error	0,01	8	0,0012			
Total	0,81	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 50.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de zinc en quinua cruda y procesada.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos			
Crudo	Pata De Venado	0,8	3	a			
Crudo	Tunkahuan	0,71	3		b		
Cocido	Tunkahuan	0,43	3			c	
Cocido	Pata De Venado	0,15	3				d

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Determinación de la biodisponibilidad de minerales en amaranto crudo y no procesado.

Tabla 51.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en amaranto crudo

MUESTRA	Ca	P	Mg	k	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	IDENTIFICACION
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	0,701	0,168	42,737	31,135	12,600	43,333	0,001	11,111	0,085	Amaranto INIAP Perucho
2	0,901	0,215	48,579	32,625	15,678	44,646	0,010	13,109	0,106	
3	0,901	0,291	45,758	31,980	14,239	44,089	0,008	12,210	0,096	
PROMEDIO	0,834	0,225	45,691	31,913	14,172	44,023	0,006	12,143	0,096	
1	1,068	0,198	31,448	22,578	13,800	54,000	0,008	10,952	0,131	Amaranto INIAP Alegria
2	1,268	0,245	37,290	24,068	16,878	55,312	0,009	12,950	0,152	
3	1,268	0,321	34,469	23,423	15,439	54,756	0,010	12,051	0,143	
PROMEDIO	1,202	0,255	34,403	23,356	15,372	54,689	0,009	11,985	0,142	

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 52.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en amaranto procesado

MUESTRA	Ca	P	Mg	k	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	IDENTIFICACION
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	0,821	0,189	36,000	25,482	10,600	99,000	0,009	6,667	0,069	Amaranto INIAP Perucho
2	1,021	0,236	41,842	26,972	13,678	96,000	0,008	8,665	0,091	
3	1,021	0,312	39,021	26,327	12,239	97,600	0,011	7,766	0,081	
PROMEDIO	0,954	0,246	38,954	26,260	12,172	97,533	0,009	7,699	0,080	
1	0,667	0,192	27,938	68,892	12,700	99,000	0,002	5,909	0,077	Amaranto INIAP Alegria
2	0,867	0,239	33,780	70,382	15,778	92,457	0,006	7,907	0,098	
3	0,867	0,315	30,959	69,737	14,339	95,829	0,006	7,008	0,089	
PROMEDIO	0,800	0,249	30,892	69,671	14,272	95,762	0,005	6,941	0,088	

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 53.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de calcio en amaranto crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F_{95%}</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0,06	1	0,059	4,444	5.32	0,068
líneas y/o variedades	0,03	1	0,034	2,569	5.32	0,148
A*B	0,2	1	0,204	15,281	5.32	0,004
Error	0,11	8	0,013			
Total	0,4	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 54.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de calcio en amaranto crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
				a	b
Crudo	INIAP Alegría	1,2	3	a	
Cocido	INIAP Perucho	0,95	3	a	b
Crudo	INIAP Perucho	0,83	3		b
Cocido	INIAP Alegría	0,8	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 55.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de fósforo en amaranto Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0	1	0,0002	0,043	5.32	0,840
líneas y/o variedades	0	1	0,0008	0,210	5.32	0,658
A*B	0	1	0,0005	0,141	5.32	0,717
Error	0,03	8	0,0039			
Total	0,03	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 56.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de magnesio en amaranto Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	78,76	1	78,76	9,2	5.32	0,016
líneas y/o variedades	280,85	1	280,84	32,9	5.32	0,000
A*B	7,81	1	7,80	0,91	5.32	0,367
Error	68,29	8	8,53			
Total	435,7	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 57.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de magnesio en amaranto Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos		
Crudo	INIAP Perucho	45,69	3	a		
Cocido	INIAP Perucho	38,95	3	a	b	
Crudo	INIAP Alegría	34,4	3		b	c
Cocido	INIAP Alegría	30,89	3			c

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 58.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de potasio en amaranto Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	1240,01	1	1240,01	2219,12	5.32	4,56E-11
líneas y/o variedades	911,04	1	911,04	1630,40	5.32	1,56E-10
A*B	2025,45	1	2025,45	3624,75	5.32	6,44E-12
Error	4,47	8	0,56			
Total	4180,97	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 59.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de potasio en amaranto Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos			
Cocido	INIAP Alegría	69,67	3	a			
Crudo	INIAP Perucho	31,91	3		b		
Cocido	INIAP Perucho	26,26	3			c	
Crudo	INIAP Alegría	23,36	3				d

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 60.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de sodio en amaranto Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	7,21	1	7,208	3,03	5.32	0,119
líneas y/o variedades	8,17	1	8,168	3,44	5.32	0,101
A*B	0,61	1	0,608	0,25	5.32	0,626
Error	18,97	8	2,372			
Total	34,95	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 61.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de cobre en amaranto Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	6709,45	1	6709,448	1940,9	5.32	7,78E-11
líneas y/o variedades	59,34	1	59,343	17,16	5.32	0,0032
A*B	116,03	1	116,031	33,56	5.32	0,0004
Error	27,65	8	3,457			
Total	6912,48	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 62.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de cobre en amaranto Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos		
Cocido	INIAP Perucho	97,53	3	a		
Cocido	INIAP Perucho	95,76	3	a		
Crudo	INIAP Alegría	54,69	3		b	
Crudo	INIAP Perucho	44,02	3			c

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 63.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de hierro en amaranto Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0	1	1,98E-06	0,250	5.32	0,631
líneas y/o variedades	0	1	2,78E-06	0,350	5.32	0,570
A*B	0	1	3,75E-05	4,731	5.32	0,061
Error	0	8	7,94E-06			
Total	0	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 64.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de manganeso en amaranto Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0,63	1	0,630	0,629	5.32	0,451
líneas y/o variedades	67,51	1	67,513	67,432	5.32	3,62E-05
A*B	0,27	1	0,269	0,269	5.32	0,618
Error	8,01	8	1,001			
Total	76,42	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 65.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de manganeso en amaranto Crudo y procesado.

líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
INIAP Perucho	12,06	6	a	
INIAP Alegría	7,32	6		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 66.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de zinc en amaranto Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0	1	0,0036	31,72	5.32	0,0005
líneas y/o variedades	0	1	0,0022	18,83	5.32	0,0025
A*B	0	1	0,0011	9,78	5.32	0,0141
Error	0	8	0,0001			
Total	0,01	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 67.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de zinc en amaranto Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
Crudo	INIAP Alegría	0,14	3	a	
Crudo	INIAP Perucho	0,1	3		b
Cocido	INIAP Alegría	0,09	3		b
Cocido	INIAP Perucho	0,08	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Determinación de la biodisponibilidad de minerales en chocho crudo y no procesado.

Tabla 68.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en chocho crudo

MUESTRA	Ca	P	Mg	k	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	IDENTIFICACION
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	2,221	0,201	43,565	34,588	13,600	10,000	0,166	33,000	1,452	Chocho INIAP Andino
2	2,535	0,219	46,967	40,034	15,646	11,760	0,207	36,220	1,466	
3	2,478	0,310	45,366	37,411	14,723	10,980	0,188	34,710	1,460	
PROMEDIO	2,411	0,243	45,300	37,344	14,656	10,914	0,187	34,643	1,459	
1	1,701	0,165	48,350	27,219	15,900	11,429	0,004	33,846	1,543	Chocho ECU-2658-2
2	2,014	0,183	51,752	32,664	17,946	13,189	0,007	37,066	1,558	
3	1,958	0,274	50,151	30,041	17,023	12,409	0,007	35,556	1,552	
PROMEDIO	1,891	0,207	50,084	29,975	16,956	12,342	0,006	35,489	1,551	
1	3,861	0,195	51,048	24,886	17,600	8,571	0,009	34,444	1,389	Chocho ECU-8415
2	4,175	0,213	54,450	30,332	19,646	10,332	0,008	37,664	1,403	
3	4,118	0,304	52,849	27,709	18,723	9,552	0,010	36,154	1,397	
PROMEDIO	4,052	0,237	52,782	27,642	18,656	9,485	0,009	36,088	1,396	
1	2,679	0,271	42,681	38,180	21,223	13,837	0,295	34,853	2,344	Chocho ECU-2700-2
2	2,736	0,180	44,282	40,803	22,146	14,617	0,356	36,363	2,350	
3	2,423	0,162	40,880	35,358	20,100	12,857	0,231	33,143	2,335	
PROMEDIO	2,613	0,204	42,614	38,114	21,156	13,771	0,294	34,786	2,343	

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 69.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en chocho cocido

MUESTRA	Ca	P	Mg	k	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	IDENTIFICACION
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
1	2,412	0,120	7,674	39,222	13,000	15,556	0,002	19,375	0,222	Chocho INIAP Andino
2	2,726	0,138	11,077	44,668	15,046	17,316	0,005	22,595	0,237	
3	2,669	0,229	9,475	42,045	14,123	16,536	0,006	21,085	0,230	
PROMEDIO	2,602	0,162	9,409	41,978	14,056	16,469	0,004	21,018	0,230	
1	3,846	0,105	35,000	22,786	19,100	32,857	0,008	20,500	0,104	Chocho ECU-2658-2
2	4,160	0,123	38,402	28,231	21,146	34,617	0,005	23,720	0,119	
3	4,103	0,214	36,801	25,609	20,223	33,837	0,008	22,210	0,112	
PROMEDIO	4,036	0,147	36,734	25,542	20,156	33,771	0,007	22,143	0,112	
1	2,387	0,108	40,111	20,667	19,100	18,889	0,002	20,714	0,047	Chocho ECU-8415
2	2,700	0,126	43,513	26,112	21,146	20,649	0,004	23,934	0,061	
3	2,643	0,217	41,912	23,489	20,223	19,869	0,005	22,424	0,055	
PROMEDIO	2,577	0,150	41,845	23,423	20,156	19,802	0,004	22,358	0,054	
1	2,022	0,105	44,556	32,580	15,600	26,000	0,009	23,333	0,032	Chocho ECU-2700-2
2	2,336	0,123	47,958	38,026	17,646	27,760	0,007	26,553	0,047	
3	2,279	0,214	46,357	35,403	16,723	26,980	0,010	25,043	0,040	
PROMEDIO	2,212	0,147	46,290	35,336	16,656	26,914	0,009	24,977	0,040	

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 70.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de calcio en chocho Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0,08	1	0,080	2,85	4.49	0,110
líneas y/o variedades	3,16	3	1,055	37,72	3.24	1,74E-07
A*B	10,38	3	3,460	123,77	3.24	2,78E-11
Error	0,45	16	0,028			
Total	14,07	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 71.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de calcio en chocho Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos		
Crudo	ECU-8415	4,05	3	a		
Cocida	ECU-2658-2	4,04	3	a		
Crudo	ECU-2700-2	2,61	3		b	
Cocida	INIAP-Andino	2,6	3		b	
Cocida	ECU-8415	2,58	3		b	
Crudo	INIAP-Andino	2,41	3		b	
Cocida	ECU-2700-2	2,21	3		b	c
Crudo	ECU-2658-2	1,89	3			c

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 72.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de fósforo en chocho Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0,03	1	0,03046	8,932	4.49	0,009
líneas y/o variedades	0	3	0,00103	0,302	3.24	0,824
A*B	0	3	0,00034	0,099	3.24	0,960
Error	0,05	16	0,00341			
Total	0,09	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 73.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de fósforo en chocho Crudo y procesado.

Condición del grano	Medias (%)	n	Rangos	
Cruda	0,22	12	a	
Cocida	0,15	12		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 74.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de magnesio en chocho Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	1197,17	1	1197,17	413,26	4.49	7,44E-13
líneas y/o variedades	1459,52	3	486,51	167,94	3.24	2,65E-12
A*B	1202,07	3	400,69	138,32	3.24	1,19E-11
Error	46,35	16	2,90			
Total	3905,1	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 75.-Prueba Tukey para la biodisponibilidad de magnesio en chocho Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	N	Rangos				
Cruda	ECU-8415	52,78	3	a				
Cruda	ECU-2658-2	50,08	3	a	b			
Cocida	ECU-2700-2	46,29	3		b	c		
Cruda	INIAP-Andino	45,3	3		b	c		
Cruda	ECU-2700-2	42,61	3			c		
Cocida	ECU-8415	41,85	3			c		
Cocida	ECU-2658-2	36,73	3				d	
Cocida	INIAP-Andino	9,41	3					e

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 76.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de potasio en chocho Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	17,32	1	17,31	2,33	4.49	0,146
líneas y/o variedades	840,84	3	280,27	37,78	3.24	0.000
A*B	82,64	3	27,54	3,71	3.24	0,033
Error	118,67	16	7,41			
Total	1059,47	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 77.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de potasio en chocho Crudo y procesado.

líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
INIAP-Andino	39,66	6	a	
ECU-2700-2	36,72	6	a	
ECU-2658-2	27,75	6		b
ECU-8415	25,53	6		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 78.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de sodio en chocho Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0,06	1	0,060	0,05	4.49	0,8141
líneas y/o variedades	97,41	3	32,470	30,92	3.24	6,82E-07
A*B	49,59	3	16,530	15,74	3.24	4,94E-05
Error	16,8	16	1,050			
Total	163,86	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 79.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de sodio en chocho Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos			
Cruda	ECU-2700-2	21,16	3	a			
Cocida	ECU-2700-2	20,16	3	a			
Cocida	ECU-2658-2	20,16	3	a			
Cruda	ECU-8415	18,66	3	a	b		
Cruda	ECU-2658-2	16,96	3		b	c	
Cocida	ECU-2700-2	16,66	3		b	c	d
Cruda	INIAP-Andino	14,66	3			c	d
Cocida	INIAP-Andino	14,06	3				d

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 80.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de cobre en chocho Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	954,24	1	954,239	1226,43	4.49	1,11E-16
líneas y/o variedades	365,18	3	121,728	156,45	3.24	4,59E-12
A*B	199,61	3	66,536	85,51	3.24	4,59E-10
Error	12,45	16	0,778			
Total	1531,48	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 81.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de cobre en chocho Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos			
Cocida	ECU-2658-2	33,77	3	a			
Cocida	ECU-2700-2	26,91	3		b		
Cocida	ECU-8415	19,8	3			c	
Cocida	INIAP-Andino	16,47	3				d
Cruda	ECU-2700-2	13,77	3				e
Cruda	ECU-2658-2	12,34	3				e f
Cruda	INIAP-Andino	10,91	3				f g
Cruda	ECU-8415	9,48	3				g

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 82.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de hierro en chocho Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0,08	1	0,084	153,05	4.49	1,32E-09
líneas y/o variedades	0,09	3	0,030	55,80	3.24	1,08E-08
A*B	0,09	3	0,030	54,08	3.24	1,35E-08
Error	0,01	16	0,001			
Total	0,27	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 83.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de hierro en chocho Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos		
Cruda	ECU-2700-2	0,29	3	a		
Cruda	INIAP-Andino	0,19	3		b	
Cruda	ECU-8415	0,01	3			c
Cocida	ECU-2700-2	0,01	3			c
Cocida	ECU-2658-2	0,01	3			c
Cruda	ECU-2658-2	0,01	3			c
Cocida	INIAP-Andino	0	3			c
Cocida	ECU-8415	0	3			c

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 84.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de manganeso en chocho Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	956,75	1	956,754	368,67	4.49	1,79E-12
líneas y/o variedades	13,27	3	4,423	1,70	3.24	0,2062
A*B	16	3	5,334	2,05	3.24	0,1466
Error	41,52	16	2,595			
Total	1027,55	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 85.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de manganeso en chocho Crudo y procesado.

Condición del grano	Medias (%)	n	Rangos	
Cruda	35,25	12	a	
Cocida	22,62	12		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 86.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de zinc en chocho Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	14,95	1	14,951	283273,0	4.49	0
líneas y/o variedades	0,74	3	0,246	4670,3	3.24	0
A*B	1,08	3	0,361	6841,2	3.24	0
Error	0	16	5,28E-05			
Total	16,77	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 87.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de zinc en chocho Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	N	Rangos						
Cruda	ECU-2700-2	2,34	3	a						
Cruda	ECU-2658-2	1,55	3		b					
Cruda	INIAP-Andino	1,46	3			c				
Cruda	ECU-8415	1,4	3				d			
Cocida	INIAP-Andino	0,23	3					e		
Cocida	ECU-2658-2	0,11	3						f	
Cocida	ECU-8415	0,05	3							g
Cocida	ECU-2700-2	0,04	3							g

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Determinación de la biodisponibilidad de minerales en el sangorache crudo y no procesado.

Tabla 88.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en sangorache crudo

MUESTRA	Ca	P	Mg	k	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	IDENTIFICACION
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
										CRUDO
1	1,514	0,159	29,185	22,116	14,900	33,333	0,001	4,242	0,123	Sangorache ECU-17758
2	1,758	0,188	34,614	26,380	16,942	39,475	0,000	4,954	0,129	
3	1,736	0,273	32,000	24,348	16,021	36,504	0,003	4,698	0,127	
PROMEDIO	1,670	0,207	31,933	24,281	15,955	36,437	0,001	4,631	0,126	
1	1,098	0,192	30,033	32,293	10,400	36,000	0,001	5,313	0,057	Sangorache ECU-082
2	1,342	0,221	35,462	36,557	12,442	42,141	0,003	6,024	0,062	
3	1,320	0,306	32,848	34,525	11,521	39,171	0,004	5,768	0,060	
PROMEDIO	1,253	0,240	32,781	34,459	11,455	39,104	0,003	5,702	0,059	
1	7,670	0,144	32,269	33,074	10,400	36,667	0,001	4,194	0,071	Sangorache ECU-0069
2	7,914	0,173	37,698	37,338	12,442	42,808	0,002	4,905	0,076	
3	7,892	0,258	35,084	35,306	11,521	39,837	0,004	4,649	0,074	
PROMEDIO	7,825	0,192	35,017	35,239	11,455	39,771	0,002	4,583	0,074	

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 89.- Datos obtenidos de la biodisponibilidad mineral en sangorache cocido

MUESTRA	Ca	P	Mg	k	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	IDENTIFICACION
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
										COCIDO
1	0,779	0,174	33,167	23,660	17,100	40,000	0,002	4,516	0,017	Sangorache ECU-17758
2	1,023	0,203	38,595	27,924	19,142	46,141	0,004	5,228	0,022	
3	1,001	0,288	35,981	25,892	18,221	43,171	0,005	4,972	0,020	
PROMEDIO	0,934	0,222	35,914	25,826	18,155	43,104	0,004	4,905	0,020	
1	1,431	0,201	36,034	21,868	11,500	36,000	0,003	3,529	0,047	Sangorache ECU-082
2	1,674	0,230	41,463	26,132	13,542	42,141	0,002	4,241	0,052	
3	1,652	0,315	38,849	24,100	12,621	39,171	0,005	3,985	0,050	
PROMEDIO	1,586	0,249	38,782	24,033	12,555	39,104	0,003	3,918	0,050	
1	0,689	0,165	36,034	24,925	11,800	40,000	0,001	4,194	0,006	Sangorache ECU-0069
2	0,933	0,194	41,463	29,189	13,842	46,141	0,002	4,905	0,011	
3	0,911	0,279	38,849	27,157	12,921	43,171	0,004	4,649	0,009	
PROMEDIO	0,844	0,213	38,782	27,090	12,855	43,104	0,002	4,583	0,009	

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 90.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de calcio en sangorache Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	27,26	1	27,264	1499,3	4.75	5,67E-14
líneas y/o variedades	35,42	2	17,709	973,8	3.89	5,27E-14
A*B	46,82	2	23,408	1287,2	3.89	9,99E-15
Error	0,22	12	0,018			
Total	109,72	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 91.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de calcio en sangorache Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos			
Crudo	ECU-0069	7,83	3	a			
Crudo	ECU-17758	1,67	3		b		
Cocido	ECU-082	1,59	3		b	c	
Crudo	ECU-082	1,25	3			c	d
Cocido	ECU-17758	0,93	3				d e
Cocido	ECU-0069	0,84	3				e

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 92.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de fósforo en sangorache Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0	1	0,00101	0,286	4.75	0,602
líneas y/o variedades	0,01	2	0,00281	0,794	3.89	0,474
A*B	0	2	5,40E-05	0,015	3.89	0,985
Error	0,04	12	0,00354			
Total	0,05	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 93.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de magnesio en sangorache Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	94,5	1	94,502	12,820	4.75	0,004
líneas y/o variedades	27,12	2	13,558	1,839	3.89	0,201
A*B	4,56	2	2,281	0,309	3.89	0,740
Error	88,46	12	7,371			
Total	214,64	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 94.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de magnesio en sangorache Crudo y procesado.

Condición del grano	Medias (%)	N	Rangos	
Cocido	37,82	9	a	
Crudo	33,24	9		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 95.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de potasio en sangorache Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	145,02	1	145,021	31,88	4.75	0,00011
líneas y/o variedades	117,21	2	58,605	12,88	3.89	0,00103
A*B	121,21	2	60,606	13,32	3.89	0,00090
Error	54,58	12	4,548			
Total	438,02	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 96.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de potasio en sangorache Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
Crudo	ECU-0069	35,24	3	a	
Crudo	ECU-082	34,46	3	a	
Cocido	ECU-0069	27,09	3		b
Cocido	ECU-17758	25,83	3		b
Crudo	ECU-17758	24,28	3		b
Cocido	ECU-082	24,03	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 97.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de sodio en sangorache Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	11,04	1	11,0450	10,55	4.75	0,00697
líneas y/o variedades	99,07	2	49,5350	47,34	3.89	2,02E-06
A*B	0,97	2	0,4850	0,46	3.89	0,640
Error	12,56	12	1,0463			
Total	123,64	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 98.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de sodio en sangorache Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
Cocido	ECU-17758	18,15	3	a	
Crudo	ECU-17758	15,95	3	a	
Cocido	ECU-0069	12,85	3		b
Cocido	ECU-082	12,55	3		b
Crudo	ECU-0069	11,45	3		b
Crudo	ECU-082	11,45	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 99.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de cobre en sangorache Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	50	1	50,000	5,301	4.75	0,040
líneas y/o variedades	17,33	2	8,667	0,919	3.89	0,425
A*B	33,33	2	16,667	1,767	3.89	0,213
Error	113,19	12	9,433			
Total	213,86	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 100.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de cobre en sangorache Crudo y procesado.

Condición del grano	Medias (%)	n	Rangos	
Cocido	41,76	9	a	
Crudo	38,43	9		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 101.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de hierro en sangorache Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0	1	4,65E-06	2,414	4.75	0,146
líneas y/o variedades	0	2	1,03E-06	0,534	3.89	0,600
A*B	0	2	3,23E-06	1,678	3.89	0,228
Error	0	12	1,93E-06			
Total	0	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 102.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de manganeso en sangorache Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	1,14	1	1,139	8,772	4.75	0,012
líneas y/o variedades	0,18	2	0,088	0,677	3.89	0,526
A*B	3,74	2	1,871	14,409	3.89	0,001
Error	1,56	12	0,130			
Total	6,62	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 103.-Prueba Tukey para la biodisponibilidad de manganeso en sangorache Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos	
Crudo	ECU-082	5,7	3	a	
Cocido	ECU-17758	4,91	3	a	b
Crudo	ECU-17758	4,63	3		b
Crudo	ECU-0069	4,58	3		b
Cocido	ECU-0069	4,58	3		b
Cocido	ECU-082	3,92	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 104.- Análisis de Varianza para la biodisponibilidad de zinc en sangorache Crudo y procesado.

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	0,02	1	0,016	2419,58	4.75	3,22E-15
líneas y/o variedades	0	2	0,002	226,25	3.89	2,97E-10
A*B	0,01	2	0,004	521,01	3.89	2,18E-12
Error	0	12	6,80E-06			
Total	0,03	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 105.- Prueba Tukey para la biodisponibilidad de zinc en sangorache Crudo y procesado.

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (%)	n	Rangos					
Crudo	ECU-17758	0,13	3	a					
Crudo	ECU-0069	0,07	3		b				
Crudo	ECU-082	0,06	3			c			
Cocido	ECU-082	0,05	3				d		
Cocido	ECU-17758	0,02	3					e	
Cocido	ECU-0069	0,01	3						f

Elaborado por: Belén Riera, 2011

DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD PROTEICA, EN GENOTIPOS DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE PROCESADO (COCCIÓN) Y NO PROCESADO (CRUDO).

Tabla 106. Digestibilidad proteica en quinua cruda.

TUNKAHUAN (QUINUA)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA (%)
1	7,35	77,425
2	7,2	80,14
3	7,26	79,054
PROMEDIO	7,27	78,873
PATA DE VENADO (QUINUA)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA (%)
1	7,2	80,14
2	7,21	79,959
3	7,22	79,778
PROMEDIO	7,21	79,959

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 107. Digestibilidad en quinua cocida.

TUNKAHUAN (QUINUA)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,16	80,864
2	7,08	82,312
3	7,13	81,407
PROMEDIO	7,123	81,528
PATA DE VENADO (QUINUA)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,07	82,493
2	7,08	82,312
3	7,15	81,045
PROMEDIO	7,1	81,95

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 108.- Análisis de Varianza de la digestibilidad proteica de la Quinua

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	16,19	1	16,19	21,18	5,32	0,002
Líneas y/o variedades	1,71	1	1,71	2,23	5,32	0,174
FACTOR A*FACTOR B	0,33	1	0,33	0,43	5,32	0,529
Error	6,12	8	0,76			
Total	24,34	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 109.- Prueba Tukey para el porcentaje de digestibilidad proteica en Quinua

MUESTRA	Medias (%)	n	Rangos	
Cocido	81,4	6	a	
Cruda	79,41	6		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 110. Digestibilidad proteica en amaranto crudo.

INIAP PERUCHO (AMARANTO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,3	78,33
2	7,25	79,235
3	7,31	78,149
PROMEDIO	7,287	78,571
INIAP ALEGRÍA (AMARANTO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,28	78,692
2	7,31	78,149
3	7,38	76,882
PROMEDIO	7,323	77,908

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 111. Digestibilidad proteica en amaranto cocido

INIAP PERUCHO (AMARANTO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,02	83,398
2	7,1	81,95
3	7,07	82,493
PROMEDIO	7,063	82,614
INIAP ALEGRÍA (AMARANTO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	6,99	83,941
2	6,99	83,941
3	6,96	84,484
PROMEDIO	6,980	84,122

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 112.- Análisis de Varianza de la digestibilidad proteica del Amaranto

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	78,9	1	78,9	172,0	5,32	0,00
Líneas y/o variedades	0,5	1	0,5	1,2	5,32	0,31
FACTOR A*FACTOR B	3,5	1	3,5	7,7	5,32	0,02
Error	3,7	8	0,5			
Total	86,6	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 113.- Prueba Tukey para el porcentaje de digestibilidad proteica en Amaranto

MUESTRA	Medias (%)	N	Rangos	
INIAP Alegría cocido	84,12	3	a	
INIAP Perucho cocido	82,61	3	a	
INIAP Perucho cruda	78,57	3		b
INIAP Alegría cruda	77,91	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 114. Digestibilidad proteica en chocho crudo.

INIAP ANDINO(CHOCHO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,01	83,579
2	6,98	84,122
3	7,04	83,036
PROMEDIO	7,010	83,579
ECU-2658-2 (CHOCHO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	6,98	84,122
2	6,95	84,665
3	6,94	84,846
PROMEDIO	6,957	84,544
ECU-8415(CHOCHO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,05	82,855
2	7,14	81,226
3	7,07	82,493
PROMEDIO	7,087	82,191
ECU-2700-2 (CHOCHO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	6,98	84,122
2	7,03	83,217
3	7,04	83,036
PROMEDIO	7,017	83,458

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 115. Digestibilidad proteica en chocho cocido

INIAP ANDINO(CHOCHO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	6,61	90,819
2	6,6	91
3	6,63	90,457
PROMEDIO	6,613	90,759

ECU-2658-2 (CHOCHO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	6,71	89,009
2	6,71	89,009
3	6,81	87,199
PROMEDIO	6,743	88,406
ECU-8415(CHOCHO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	6,73	88,647
2	6,7	89,19
3	6,66	89,914
PROMEDIO	6,697	89,250
ECU-2700-2 (CHOCHO)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	6,67	89,733
2	6,67	89,733
3	6,7	89,19
PROMEDIO	6,680	89,552

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 116.- Análisis de Varianza de la digestibilidad proteica del chocho

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	219,5	1	219,5	552,6	4,49	0,000
Líneas y/o variedades	6,3	3	2,1	5,3	3,24	0,010
FACTOR A*FACTOR B	10,6	3	3,5	8,9	3,24	0,001
Error	6,4	16	0,4			
Total	242,8	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 117.- Prueba Tukey para el porcentaje de digestibilidad proteica en Chocho

MUESTRA	Medias (%)	n	Rangos			
INIAP Andino cocido	90,76	3	a			
ECU-2700-2 cocido	89,55	3	a	b		
ECU-8415 cocido	89,25	3	a	b		
ECU-2658-2 cocido	88,41	3		b		
ECU-2658-2 crudo	84,54	3			c	
INIAP Andino crudo	83,58	3			c	d
ECU-2700-2 crudo	83,46	3			c	d
ECU-8415 crudo	82,19	3				d

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 118. Digestibilidad proteica en sangorache crudo.

ECU-17758 (SANGORACHE)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,3	78,33
2	7,28	78,692
3	7,29	78,511
PROMEDIO	7,290	78,511
082 (SANGORACHE)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,29	78,511
2	7,32	77,968
3	7,32	77,968
PROMEDIO	7,310	78,149
0069 (SANGORACHE)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,3	78,33
2	7,41	76,339
3	7,36	77,244
PROMEDIO	7,357	77,304

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 119. Digestibilidad proteica en sangorache cocido.

ECU-17758 (SANGORACHE)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,1	81,95
2	7,15	81,045
3	7,06	82,674
PROMEDIO	7,103	81,890
082 (SANGORACHE)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,13	81,407
2	7,17	80,683
3	7,1	81,95
PROMEDIO	7,133	81,347
0069 (SANGORACHE)		
MUESTRA	pH	DIGESTIBILIDAD PROTEICA
1	7,02	83,398
2	7,06	82,674
3	7,14	81,226
PROMEDIO	7,073	82,433

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 120.- Análisis de Varianza de la digestibilidad proteica del Sangorache

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano	68,50	1	68,50	120,24	4,75	0,00
Líneas y/o variedades	0,66	2	0,33	0,58	3,89	0,58
FACTOR A*FACTOR B	3,41	2	1,71	2,99	3,89	0,09
Error	6,84	12	0,57			
Total	79,41	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 121.- Prueba Tukey para el porcentaje de digestibilidad proteica en Sangorache

MUESTRA	Medias (%)	N	Rangos	
Cocido	81,89	9	a	
Cruda	77,98	9		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LISINA DISPONIBLE EN GENOTIPOS DE QUINUA, CHOCHO, AMARANTO Y SANGORACHE PROCESADO Y NO PROCESADO.

Tabla 122.- Análisis de Varianza para la lisina disponible en quinua

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano A	0	1	0,002	47	5,32	0,0001
líneas y/o variedades B	0,11	1	0,110	2261	5,32	4,23E-11
A*B	0	1	6,29E-08	0	5,32	0,972
Error	0	8	4,88E-05			
Total	0,11	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 123.- Prueba Tukey para la lisina disponible en quinua

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (gr/100gr de proteína)	n	Rangos			
Cocido	Pata De Venado	0,8	3	a			
Crudo	Pata De Venado	0,78	3		b		
Cocido	Tunkahuan	0,61	3			c	
Crudo	Tunkahuan	0,58	3				d

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 124.- Análisis de Varianza para la lisina disponible en amaranto

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano A	0,01	1	0,007	245,97	5,32	2,73E-07
líneas y/o variedades B	0	1	6,36E-05	2,12	5,32	0,1831
A*B	0	1	0,0002	7,33	5,32	0,0266
Error	0	8	3,00E-05			
Total	0,01	11				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 125.-Prueba Tukey para la lisina disponible en amaranto

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (gr/100gr de proteína)	n	Rangos	
Cocido	INIAP Alegría	0,68	3	a	
Cocido	INIAP Perucho	0,68	3	a	
Crudo	INIAP Perucho	0,64	3		b
Crudo	INIAP Alegría	0,62	3		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 126.- Análisis de Varianza para la lisina disponible en chocho

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano A	0,04	1	0,0438	673,63	4,49	0,00
líneas y/o variedades B	0,04	3	0,0123	190,15	3,24	0,00
A*B	0	3	0,0006	9,32	3,24	0,00084
Error	0	16	6,50E-05			
Total	0,08	23				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 127.- Prueba Tukey para la lisina disponible en chocho

Condición del grano	líneas y/o variedades	Medias (gr/100gr de proteína)	n	Rangos					
Cocido	INIAP Andino	1,19	3	a					
Cocido	ECU-8415	1,15	3		b				
Cocido	ECU-2658-2	1,15	3		b				
Crudo	ECU-2658-2	1,09	3			c			
Crudo	INIAP Andino	1,09	3			c			
Cocido	ECU-2700-2	1,07	3			c	d		
Crudo	ECU-8415	1,05	3				d		
Crudo	ECU-2700-2	0,99	3					e	

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 128.- Análisis de Varianza para la lisina disponible en sangorache

<i>F. de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de cuadrados</i>	<i>F₀</i>	<i>F95%</i>	<i>Valor p</i>
Condición del grano A	0,0	1	0,00457	212,42	4,75	5,40E-09
líneas y/o variedades B	0,0	2	6,43E-05	2,99	3,39	0,088
A*B	0,0	2	6,61E-05	3,07	3,39	0,083
Error	0,0	12	2,15E-05			
Total	0,01	17				

Elaborado por: Belén Riera, 2011

Tabla 129.- Prueba Tukey para la lisina disponible en sangorache

Condición del grano	Medias(gr/100gr de proteína)	n	Rangos	
Cocido	0,5	9	a	
Crudo	0,47	9		b

Elaborado por: Belén Riera, 2011

ANEXO B

PROCEDIMIENTOS METODOLÓGICOS

CUANTIFICACIÓN DE FIFATOS TOTALES POR COLORIMETRÍA

PROANCO 02

Agry., Birda, A., Miller, D., Komaitis, M., 2009. Proceeding relative concentration of bioavailable iron in foods using in vitro digestión. Department Food Science and Technology Agricultural University of Athens and Cornell.

REATIVOS Y MATERIALES

- Ácido Fítico: (Sigma – Aldrich; B8631)
- Reactivo wade: Contiene 0.030 % de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{K}_2\text{O}$ y 0.30% de Ácido 5-sulfosalicílico dihidratado.
- Tubos falcón: Aprox. de 15 y 50ml.
- Equipo de filtración al vacío compuesto por: Embudo Buchner, Erlenmeyer con desprendimiento acoplado, Bomba de vacío.
- Papel filtro: Whatman N° 1
- Congelador: Las muestras después de la extracción se conservan a una temperatura de -20° C.
- Espectrofotómetro: BIOTEK .
- Centrífuga: eppendoft
- Baño maría con agitación: THERMO
- Pipetas: eppendoft

PREPARACIÓN DE MUESTRAS Y SOLUCIONES

Preparación de las muestras

Todas las muestras usadas para el estudio de la extracción y purificación de fifatos deben estar molidas finamente y liofilizadas.

Preparación de soluciones (reactivo de Wade)

Se prepara el reactivo de wade modificado (RWn) a 0.030 de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{K}_2\text{O}$ y 0.30% de Ácido 5-sulfosalicílico dihidratado.

PROCEDIMIENTOS

- Se pesa 0.5 g de de cada una de las muestras en tubos de Falcón.

- Se agrega 20 ml de HCl 0.65 M y se coloca durante dos horas en un agitador.
- Transcurridas las dos horas de agitación de las muestras se centrifugan a 6000 rpm durante un período de 15 min.
- Después de centrifugadas las muestras, éstas se pasan por un equipo de filtración al vacío.
- Los extractos filtrados de las muestras se recolectan en tubos falcón de 50ml y luego son almacenados a una temperatura de -20° C.

Purificación de fifatos

- Para la realización de la purificación de las muestras, los extractos filtrados se descongelan y se toman alícuotas de 3 ml las cuales se colocan en tubos falcón y se diluye a 15 ml de agua 18 MΩ (tridestilada).
- Seguido se acoplan los cartuchos de intercambio iónico AG 1-x8 (Biorad).
- Se acondicionan los cartuchos con 5 ml de solución de HCl 0.2 M.
- Se cargan los extractos de las muestras en los cartuchos de intercambio iónico a un flujo de 300 µL/min.
- No se debe dejar secar la fase estacionaria del cartucho.
- Después de cargada la columna se lava con 10 ml de solución de NaCl 0.07 M.
- Se eliminan los fosfatos y de inositol fosfato poco fosforilados.
- Los fifatos purificados se eluyen con 10 ml de NaCl y se recolectan en tubos falcón de 15 ml.



Cuantificación de fifatos

Para realizar la cuantificación de fifatos a las muestras, se realiza el siguiente procedimiento:

- Se prepara el reactivo de wade modificado (RWn), en el cual contiene 0.030 % $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{K}_2\text{O}$ y 0.30% de ácido 5-sulfosalicílico dihidratado.
- Luego se toman 3 ml de extracto de fifatos purificados y se adiciona 1 ml de reactivo de wade.
- Se agita en un Vortex y se centrifuga a 3000rpm en un equipo.
- Se lee la absorbancia de la mezcla. (Reactivo de wade con mayor absorbancia de 500 nm)



Curva de calibración

- Se prepara 4 soluciones stock a partir del ácido fítico comercial.
- Se prepara 16 patrones ácido fítico a diferentes concentraciones. (ver tabla)
- Se toma una alícuota de 3 ml de cada patrón, se adiciona 1 ml de reactivo de wade.
- Se centrifuga a 3000 rpm.
- Luego se decanta y se lee la absorbancia a 500 nm en un espectrofotómetro. Cada estándar se prepara y se mide 3 veces.

CÁLCULOS:

$$(\text{Fifatos}) \text{ ppm} = \left(\frac{\text{Abs muestra} - \text{intercepto}}{\text{Pendiente de la curva}} \right) \times \left(\frac{\text{volumen (L)}}{\text{peso (mg)}} \right)$$

DETERMINACIÓN DE ÁCIDO FÍTICO (FITATO) / FÓSFORO TOTAL MEDIDO COMO FÓSFOROS LIBERADO POR FITASA Y FOSFATASA ALCALINA

Megazyme Internacional Ireland Limited (2007). K-PHYT05/07

Método:

Dada la complejidad de la purificación y la medición de ácido fítico separada de las formas más bajas de fosfato myo-inositol, Megazyme ha desarrollado un método simple, cuantitativa (K-Phyt) para medir el total de "fósforo".

Este método involucra la extracción de fosfatos de inositol ácido seguido de un tratamiento con fitasa que es específica para el ácido fítico (IP6) y las formas inferiores de myo-inositol fosfato (IP2 es decir, IP3 , IP4, IP5). El tratamiento posterior con fosfatasa alcalina garantiza la liberación del fosfato final del fosfato de mio-inositol (IP1), que es relativamente resistente a la acción de la fitasa.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Vasos de precipitación (75 ml).
- Microtubos (1.5 ml)
- Microcubetas
- Micro pipetas (μ l 100 y 1 ml).
- Balanza analítica.
- Espectrofotómetro (655 nm.)
- Vórtex
- Baño de agua (entre 40 ° C).
- Microcentrifuga (velocidad requerida 13.000 rpm).

REACTIVOS

Kits adecuados para la realización de 50 ensayos están disponibles en Megazyme. Los kits contienen el método de ensayo completo y además:

Tampón de acetato de sodio (25 ml, 200 mM, pH 5,5) y azida de sodio (0,02% w / v).

Suspensión de fitasa (1,2 ml, 12.000 U/ ml).

Buffer de glicina (25 ml, 400 mM, pH 10.4), además de $MgCl_2$ (4 mm), $ZnSO_4$ (0,4 mM) y azida de sodio (0,02% w / v)

Suspensión de la fosfatasa alcalina (1,2 ml, 80 U/ ml).

Solución estándar de fósforo (24 ml, 50 ug / ml) y azida de sodio (0-02% w /v) .

PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES

Solución A. El ácido ascórbico (10% w / v) y ácido sulfúrico (1M)

Solución B. molibdato de amonio (5% w / v)

Ácido tricloroacético (50% w / v)

Ácido clorhídrico (0,66 M)

Hidróxido de sodio (0.75M)

Ácido fítico

A. EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA:

Pesar con precisión aproximadamente 1 g de material de la muestra en un vaso de vidrio de 75 ml. Añadir 20 ml de ácido clorhídrico (0,66 M), cubra el recipiente con papel aluminio y agitar vigorosamente por un mínimo de 3 horas a temperatura ambiente.

Transferir 1 ml del extracto y centrifugar a 13.000 rpm durante 10 min. Inmediatamente transferir 0,5 ml del extracto resultante sobrenadante a un nuevo tubo de microcentrífuga y neutralizar mediante la adición de 0,5 ml de solución de hidróxido de sodio (0,75 M). Utilice la muestra neutralizada extracto en el procedimiento desfosforilación reacción enzimática se describe a continuación.

B. REACCIÓN DESFOSFORILACIÓN ENZIMÁTICA:

Temperatura: ~ 40 ° C

Volumen final: 1,39 ml

Pipetear en tubos de microcentrífuga de 1,5 ml	Libre Fósforo	Fósforo Total
El agua destilada	0.62ml	0.60ml
Solución 1 (tampón de acetato de sodio)	0.20ml	0.20ml
Extracto de la muestra	0.05ml	0.05ml
Suspensión 2 (fitasa)	-----	0.02ml
Mezclar con vórtex e incubar en un baño de agua a 40 ° C durante 10 min. Después de 10 minutos, comenzará la próxima reacción por la adición de		
Agua destilada	0.02ml	-----
Solución 2 (tampón glicina)	0.20ml	0.20ml
Suspensión 4 (ALP)	-----	0.02ml
Mezclar con vórtex e incubar en un baño de agua a 40 ° C durante 15 min después de 15 minutos, detener la reacción por la adición de.:		
El ácido tricloroacético (50% w / v)	0.30ml	0.30ml
Centrifugar la reacción termina a 13.000 rpm durante 10 min. No mezcle el tubo después de la centrifugación. Pipeta con cuidado el sobrenadante para la determinación colorimétrica de fósforo (véase la sección C).		

C. COLORIMÉTRICOS DETERMINACIÓN DEL FÓSFORO:

Longitud de onda: 655 nm

Temperatura: ~ 40 ° C

Final volumen: 1,5 ml

Solución de la muestra: 0,5-7,5 ug de fósforo en (un volumen de 1.0 ml de muestra)

Pipetear a 1,5 ml de muestra	Muestra
muestra o estándar	1.00ml
fósforo reactivo de color	0.50ml
Mezclar con vórtex e incubar en un baño de agua a 40 ° C durante 1 hora. Después de 1 hora, mezclar con vórtex y transferir 1 ml a una cubeta semi-micro y leer la absorbancia a 655 nm a menos de 3 horas.	

D. PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN FÓSFORO:

Preparar las soluciones estándar de fósforo como se describe en la tabla de abajo y tratar como muestras para la determinación colorimétrica de fósforo. Estable durante 1 semana a 4 ° C.

Pipetear en tubos de polipropileno 13ml	<i>STDO</i> (0ug)	<i>STD 1</i> (0.5ug)	<i>STD 2</i> (2.5ug)	<i>STD 3</i> (5ug)	<i>STD 4</i> (7.5ug)
Agua destilada	5.00ml	4.95 ml	4.75 ml	4.50ml	4.25ml
Fósforo sol estándar. 5	-----	0.05 ml	0.25ml	0.50ml	0.75ml
El volumen total	5.00ml	5.00ml	5.00ml	5.00ml	5.00ml

CÁLCULO:

A. Curva de Calibración:

1. Determinar la absorbancia (A655) de cada patrón de fósforo (ETS O - 4). Restar la absorbancia de las ETS O desde la extinción de las demás (ETS I - 4), obteniendo así el fósforo ΔA .

2. Calcular M como se indica, para cada estándar (STD 1 - 4):

$$M = \frac{P(\mu)}{\Delta A_{\text{phosphorus}}}$$

[$\mu\text{g}/\Delta A_{\text{phosphorus}}$]

3. Calcular la media m de la siguiente manera:

$$\text{mean } M = \frac{(MSTD1 + MSTD2 + MSTD3 + MSTD4)}{4}$$

[$\mu\text{g}/\Delta A_{\text{phosphorus}}$]

B. CONTENIDO DE ÁCIDO FITICO:

Determinar la absorbancia (A655), tanto para el "libre de fósforo" de la muestra y el "Total de fósforo" de la muestra. Restar la absorbancia de la "libre fósforo" muestra de la absorbancia de la "Fósforo Total" de la muestra, obteniendo así DELTA.A fósforo

La concentración de fósforo se puede calcular de la siguiente manera:

$$c = \frac{meanM * 20 * F}{10.000 * 1.0 * v} * \Delta A \text{ Phosphorus}$$

[g/100g]

Dónde:

significa M = valor medio de fósforo normas [g / DELTA.A fósforo]

F = factor de dilución

ΔA = cambio de absorbancia de la muestra

10000 = conversión de ug / g para g/100 g

1,0 = peso del material de la muestra original [g]

V = volumen de muestra (utilizado en la etapa de determinación colorimétrica)

De ello se desprende para el fósforo:

$$c = \frac{meanM * 20 * 55.6}{10.000 * 1.0 * 1.0} * \Delta A \text{ Phosphorus}$$

[g/100g]

$$c = mean M * 0.1112 * \Delta A \text{ Phosphorus}$$

[g/100g]

De ello se desprende para el ácido fítico:

$$c = \frac{mPhosphorus[g/100g]}{0.282} * \Delta A \text{ Phosphorus}$$

[g/100g]

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE PROTEÍNA

HSU, (1977) adaptado en el Dpto. de Nutrición y Calidad del INIAP.

Alcance

Este método se utiliza para cuantificar el porcentaje de proteína digerible que se encuentra en alimentos o harinas, mediante un método de determinación *in vitro*.

Método:

Una forma de evaluar la calidad de la proteína es considerar el grado de digestibilidad de esta, por ello se realiza un análisis por medio de un método *in vitro*, donde se toma como referencia los protocolos de Hsu. 1977 y McDonough, et al. 1990. Este método de determinación de digestibilidad de proteína se halla a través de la simulación de un proceso digestivo con enzimas de origen animal, como son: Tripsina, Chymotripsina y Peptidasa Pancreática.

Reactivos y materiales

- Suspensión de caseína: sal de sodio caseína de la leche bovina (Sigma – Aldrich; C8654).
- Tripsina: pancreáticos de cerdo, Tipo IX (Sigma – Aldrich; T0303) (Debe de conservarse a -20°C).
- Chymotripsina: pancreática bovina, Tipo II (Sigma – Aldrich; C4129) (Debe de conservarse a -20°C).
- Peptidasa: intestinal porcina (Sigma –Aldrich; P7500) (Debe de conservarse a -20°C).
- Tubos falcón: Aprox. de 15 mL.
- Baño maría: Las muestra sumergidas en el baño debe de ser mantenido a una temperatura de 37°C.
- Pipetas
- pHmetro

Preparación de muestras y de soluciones

Preparación de las muestras

Todas las muestras usadas para el estudio de digestión *in vitro* son liofilizadas y molidas finamente.



Preparación de la solución de Proteína (patrón caseína)

Se prepara la suspensión de proteína acuosa (caseína de sodio), a una concentración de 10 mg N/ml, a esta suspensión se le ajusta el pH a 8.0 con 0.1 N HCl y/o NaOH y se agita para obtener homogeneidad.

La suspensión de caseína se debe conservar refrigerada, pero debe estar a temperatura ambiente para poder ser utilizada.

Para tener en cuenta, el contenido de nitrógeno en la caseína es 845.08 g/mol.

Preparación de la solución multienzimática

Se prepara una solución multienzimática, de tripsina 2 mg/ml, chymotripsina 2.24 mg/ml y peptidasa 0.51 mg/ml.

Para preparar 25 mL de la solución multienzimática, se deben pesar las siguientes cantidades y aforar con agua 18 MΩ

0.056 g Chymotripsina 2.24 mg / ml

0.0127 g Peptidasa 0.51 mg / ml

0.050 g Tripsina 2.00 mg / ml



La solución multienzimática se debe de mantener en un baño de hielo y su preparación debe ser a diario y comprobar su actividad usando una suspensión acuosa de caseína de sodio.

Procedimiento

Medición de la digestibilidad de proteína.

Para la medición de la digestibilidad de la proteína se debe hacer un análisis previo para determinar el contenido de nitrógeno de las muestras a analizar. Seguido de este análisis se toman las muestras por triplicado y se determina su digestibilidad de la siguiente manera:

- Se pesa en tubos Falcon, una cantidad de muestra que contenga 10 mg de Nitrógeno y se disuelve en 2.5 ml de agua 18 MΩ



- Luego se procede a adicionar 2.5 ml de NaOH al 0.2 N y se hace una incubación de la solución por un periodo de 30 minutos en un baño de agua con una temperatura de 37 °C.

- Después de transcurrido los 30 minutos, se agrega 5.0 ml de HCl 0.075N a la solución.

- Se ajusta el pH a 8.0.

- Se mantiene la solución con una temperatura de 37 °C.

- Una vez ajustado el pH y mantenida la temperatura 37 °C, se agregan 2 ml de la solución multienzimática a cada una de las muestras, en donde se presenta un rápido descenso del pH, el cual es causado por la liberación de aminoácidos con grupos carboxílicos presentes en la proteína debido a la acción de enzimas proteolíticas.

- El descenso del pH se registra automáticamente después de un periodo de 10 minutos usando un medidor de pH.

- Finalmente se calcula el valor de digestibilidad a este tiempo (10 minutos).



Cálculos.

$$Y = 210,46 - X18,10$$

Y = digestibilidad in Vitro de la proteína

X = valor del pH después de 10 minutos de digestión con la solución multienzimática.

DETERMINACIÓN DE LA BIODISPONIBILIDAD *IN VITRO* DE MINERALES

BINAGHI M., LOPEZ L., RONAYNE DE FERRER P., VALENCIA M. 2007. Revista chilena de nutrición. Evaluación de la Influencia de distintos Componentes de la Dieta sobre la Biodisponibilidad Potencial de Minerales en Alimentos Complementarios. Rev Chil Nutr Vol. 34, N°1.

MÉTODO:

La dializabilidad de los minerales (D%) como un indicador de la biodisponibilidad potencial fue determinada por medio del método *in vitro* de Miller, modificado por Wolfgor y Cols. El procedimiento involucra una digestión enzimática en condiciones que simulan las fisiológicas.

OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Se usan líneas y/o variedades de chocho, amaranto, sangorache y quinua crudos y procesados, las mismas que fueron molidas para su posterior análisis.

EQUIPOS Y MATERIALES

Membrana de diálisis

Baño maría

Phmetro

Balanza analítica

Espectrofotómetro de absorción atómica

REACTIVOS

a-amilasa al 3%

Pepsina

Pancreatina

Extracto de Bilis

Buffer PIPES

Ácido clorhídrico: HCl 0,1N, HCl 6N

Bicarbonato de sodio, NaHCO₃ 0,1N

Hidróxido de sodio, NaOH 6N

Ácido nítrico

Ácido perclórico

PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES

Solución de a-amilasa

La solución debe ser preparada al 3% en agua 18MΩ

Solución de pepsina

Debe tener una concentración de 16 gr/100 ml en solución de HCl 0,1 N

Solución de pancreatina + bilis

La solución debe contener 0,4 g de pancreatina y 2,5 g de extracto de bilis en 100 ml de NaHCO₃ 0,1N

Solución de PIPES

La solución debe tener una concentración de 0,15M y su pH debe ser ajustado a 6,3.

PROCEDIMIENTO

Digestión in vitro:

- Se pesa 5 g de muestra en vasos de 100 ml.
- Se agregan 50 ml de agua 18mΩ.
- Cada muestra se incuba con 5 ml de la solución de a-amilasa al 3% en un baño maría durante 30 minutos a 37 °C con agitación.
- Se ajusta el pH a 2.8 con HCl 6N.
- Se agregan 1.6 ml de la solución de pepsina y se incuba por un periodo de 2 horas a 37 °C con agitación.
- Cada muestra se coloca en las bolsas de diálisis las mismas que se ubican en vasos de precipitación que contienen 50 ml de buffer PIPES.
- Se colocan nuevamente las muestras en un baño maría a una temperatura de 37 °C durante 1 hora.



- Transcurrido este tiempo se adicionan cuidadosamente 12.5 ml de la solución de pancreatina + extracto de bilis dentro de la bolsa de diálisis, siguiendo con la incubación durante 2 horas a 37 °C.
- Al finalizar el periodo de incubación, las muestras se retiran del baño maría. Las bolsas de diálisis son removidas de los vasos y llevadas a sequedad, entonces el líquido contenido en la bolsa de diálisis (retenido) y el líquido contenido en el vaso (dializado) son debidamente separados y codificados.



Cuantificación del mineral biodisponible

Una vez finalizado el periodo de digestión in vitro el mineral se determina por espectroscopia de absorción atómica tanto del retenido como del dializado y se procede de la siguiente manera:

- La bolsa que contiene el líquido del retenido es llevada a sequedad, una vez seca se mineraliza con una mezcla de HNO_3 y HClO_4 (10:10), de modo que se elimine la parte orgánica, esto se observa por la aparición de humos blancos y por decoloración del líquido de la muestra, una vez terminada la mineralización se lleva a un volumen de 100 ml para su posterior lectura.



- El dializado (20 ml) de igual manera se mineraliza con HNO_3 y HClO_4 (10:10) hasta sequedad, luego se reconstituye con agua, tomando el mismo volumen inicial del dializado (20 ml), para posterior cuantificación.



CÁLCULOS

Calculo de la concentración

$$ppm = \frac{Abs\ muestra - intercepto}{Pendiente\ de\ la\ curva}$$

Calculo del % mineral (macro)

$$\% = \frac{Concentración\ (ug/mL) * Factor\ de\ Dilución * Volumen(mL)}{Peso\ de\ la\ muestra(g)} * 100$$

Calculo de los ppm del mineral (micro)

$$ppm\ (ug/g) = \frac{Concentración\ (ug/mL) * Factor\ de\ Dilución * Volumen\ (mL)}{Peso\ de\ la\ muestra\ (g)}$$

Calculo del porcentaje del mineral dializado

$$Dializabilidad\ \% = \frac{mineral\ en\ el\ dializado}{mineral\ total\ en\ muestra} * 100$$

DETERMINACIÓN DE LISINA DISPONIBLE

Por el método de Carpenter (1960), adaptado por Chel y Col.

Método:

Este método se basa en el sugerido por Kakade y Liener. Como la muestra es mayor que en este método la reproducibilidad es mejor.

Se uso monoclóhidrato de L-lisina dándole un tratamiento correspondiente y haciéndole las correcciones necesarias. Este método determina como lisina disponible

Determinación de la curva estándar:

Pesar 50 mg de lisina-HCl, en un en un matraz con tapón.

Adicionar 10 ml de NaHCO₃ al 4% (pH 8.5)

Agitar 10 minutos en un baño a 40 °C y con una agitación de 80 r.p.m.

Agregar 10 ml de ácido trinitrobencensulfónico al 0.1 %.

Agitar durante dos horas a 80 r.p.m. y a una temperatura de 40°C.

Agregar 30 ml de HCl concentrado, tapar y poner en autoclave a 115 °C durante una hora.

Enfriar y adicionar 50 ml de agua destilada

Filtrar a través de papel ederol N. 1

Tomar del filtrado una alícuota de 20 ml y extraerla 2 veces con 10 ml de éter etílico cada vez.

Eliminar el éter residual poniendo la solución ya extraída en un baño de vapor durante 10 min.

De esta alícuota extraída se toman los siguientes volúmenes: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 y se llevan a 10 ml en un matraz volumétrico que contiene 0.05mg, 0.1mg, 0.15mg, 0.20mg, 0.25mg de lisina respectivamente y se leen a 346 nm ajustando a cero con agua destilada.

Determinación de lisina en la muestra:

Pesar 100 mg de la muestra en un matraz con tapa (la muestra molida y pesada a través de una criba de mm (malla No. 20).

Adicionar 10 ml de NaHCO₃ al 4% (pH = 8.5)

Agitar 10 minutos en un baño a 40°C y a 80 r.p.m.

Agregar 10 ml de ácido trinitrobencensulfónico al 0.1%

Agitar durante dos horas a 40°C y 80 r.p.m.

Agregar 30 ml de HCl concentrado. Tapar y poner en el autoclave, durante una hora.

Enfriar y adicionar 50 ml de agua destilada.

Filtrar a través de papel hederlo N.1.

Tomar una alícuota de 10 ml y extraerla 2 veces con 10 ml de éter etílico cada vez. Eliminar el éter residual poniendo la solución ya extraída en un baño de vapor durante 10 minutos.

Leer la absorbancia a 346 nm ajustando a cero con el blanco.

Comparar con una curva estándar.

Preparación del blanco:

En un matraz con tapón poner 10 ml NaHCO_3 al 4% con pH 8.5.

Agitar 10 minutos en un baño a 40 °C con una agitación de 80 r.p.m.

Adicionar 30 ml de HCl concentrado.

Continuar la agitación durante 2 horas.

Adicionar a la muestra 10 ml de la solución de T.N.B.S al 0.1 % e hidrolizar en autoclave 1 hora a 115°C.

Enfriar y adicionar 50 ml de agua destilada y filtrar a través de papel ederol No. 1.

Tomar del filtrado una alícuota de 10 ml y extraerla 2 veces con 10 ml de éter etílico cada vez.

Eliminar el éter residual poniendo la solución ya extraída en un baño de vapor durante 10 minutos.

Leer la absorbancia a 346 nm ajustando a cero con agua destilada.