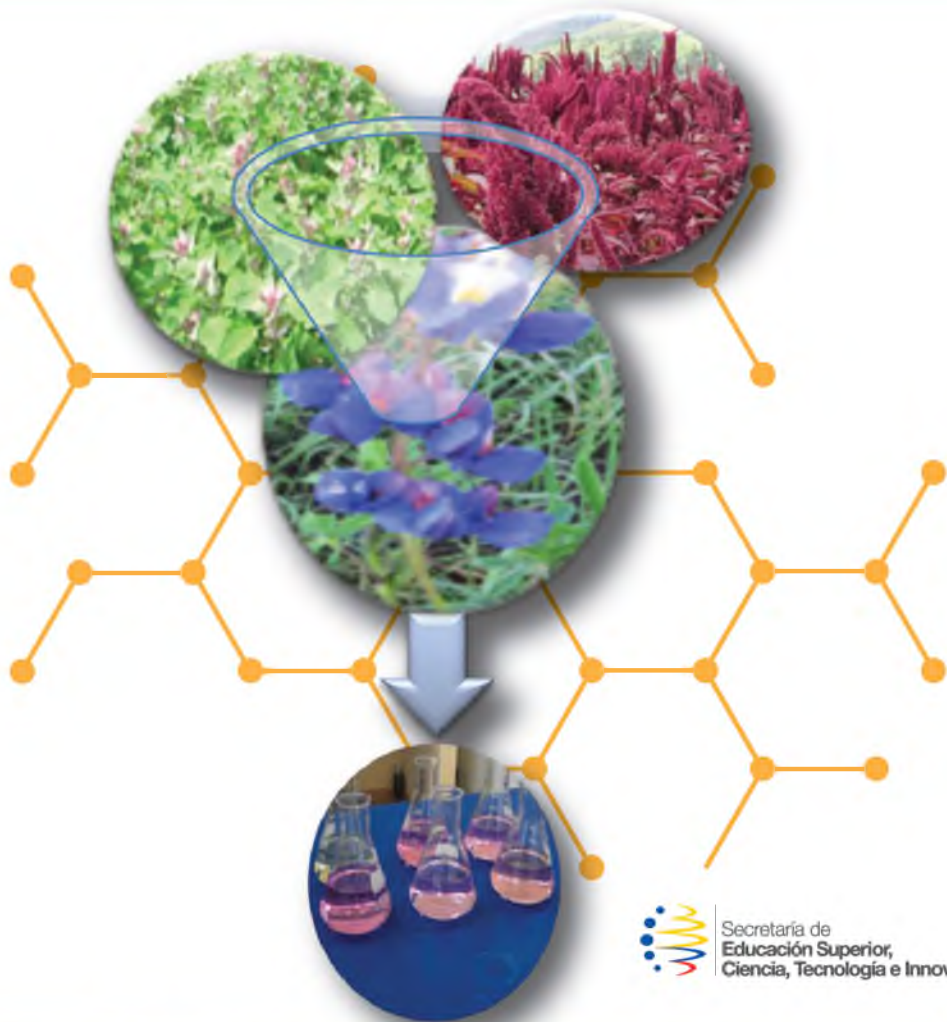




LOS GRANOS ANDINOS:

Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet),
Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd),
Amaranto (*Amaranthus caudatus* L.)
y Sangorache (*Amaranthus hybridus* L.)

fuentes de metabolitos secundarios y fibra dietética



Secretaría de
Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

INIAP *Boletín Científico* N.º 165, Quito, diciembre 2013
Estación Experimental Santa Catalina

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

Los granos andinos: Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y Sangorache (*Amaranthus hybridus* L.), fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

*Elena Villacres*¹
Lourdes Cuadrado^{1,2}
*Félix Falconí*²

ISBN: 9942-07-566

¹Departamento de Nutrición y Calidad, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP

²Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Chimborazo, UNACH

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina

Indice

METABOLITOS SECUNDARIOS	2
1.- Introducción	2
2. Materiales y métodos	3
2.1 Materiales	3
2.3 Metodología	3
2.2 Tamizaje fitoquímico	4
3. Resultados.....	6
3.1 Grupos fitoquímicos relevantes de los granos andinos.....	6
3.1.1 Aceites y Grasas	6
3.1.2 Triterpenos y Esteroides.....	6
3.1.3 Alcaloides	11
3.1.4 Lactonas y Coumarinas.....	11
3.1.5 Flavonoides	12
3.1.6 Antocianidinas.....	12
3.1.7 Catequinas.....	12
3.1.8 Taninos	12
3.1.9 Principios amargos.....	13
3.1.10 Otros compuestos.....	13
3.2 Cuantificación de metabolitos secundarios relevantes.....	13
3.2.1 Flavonoides Totales.....	13
3.2.2 Alcaloides	14
3.2.3 Saponinas	15
4. Conclusiones.....	16
FIBRA DIETÉTICA	17
1. Introducción.....	17
2. Materiales y Métodos.....	19
2.1 Materiales	19
2.2 Métodos	19
3. Resultados.....	20
3.1 Fibra dietética total en los granos andinos.....	20
3.2 Tipos de fibra dietética en granos andinos	21
3.3 Constituyentes importantes de la fibra dietética de los granos andinos	22
3.3.1 Celulosa	22
3.3.2 Hemicelulosa.....	23
3.3.3 Pentosanos.....	23
3.3.4 Sustancias pécticas	23
3.3.5 Galactanas	23
3.3.6 Almidón resistente	23
3.4 Propiedades Físico-químicas de la fibra dietética	24
3.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA).....	24
3.4.2 Poder de hinchamiento	25
3.4.3 Capacidad de retención de moléculas orgánicas.....	25
3.4.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	25
3.5 Capacidad antioxidante hidrofílica de la fibra de granos andinos.....	25
4. Conclusiones.....	26
Glosario de Términos	27
Bibliografía	29
ANEXOS	33

AGRADECIMIENTO

Los autores, dejan constancia de agradecimiento a

A la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT), por su apoyo a la investigación y publicación de resultados, a través del proyecto: “Valorización y aprovechamiento del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y sangorache (*Amaranthus hybridus* L.)”, PIC-12-INIAP-004.

Al Comité de Publicaciones de la E.E. Santa Catalina del INIAP, por sus valiosos aportes para mejorar el presente trabajo.

A la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Chimborazo por la facilidades brindadas para la realización del tamizaje fitoquímico, en especial a las Srtas. Egresadas Jessica Guapi y Cristina Palacios, por su dedicación y entrega en el desarrollo de las pruebas experimentales.

A la Carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Tecnológica Equinoccial, particularmente al Egdo. José Luis Maldonado, por su participación en los ensayos de caracterización de la fibra dietética.

A la Ing. María Belén Quelal, Ing. Javier Alvarez y a todas las personas que de forma directa o indirecta colaboraron para la culminación de este esfuerzo, que esperamos, sirva de semilla para nuevos y mayores logros.

PRESENTACIÓN

La alimentación está cambiando, antes era esencial para la supervivencia y la “satisfacción del hambre”, hoy se busca en los alimentos la ausencia de efectos adversos para el organismo así como la promoción de la salud, el bienestar y la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y la obesidad. La evolución del mercado y una lectura adecuada de las necesidades y demandas de los consumidores, representan una oportunidad para que los productores aprovechen los recursos que por siglos han guardado en sus tierras; el motor para la generación de innovaciones comerciales, tecnológicas e institucionales y también una alternativa para que los investigadores pongamos al servicio de los usuarios los conocimientos y resultados obtenidos en el marco del proyecto “Valorización y aprovechamiento del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y sangorache (*Amaranthus hybridus* L.)”, PIC-12-INIAP-004.

Las mencionadas especies se cultivan para beneficiarse de sus proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas. Sin embargo, estudios preliminares muestran que estos cultivos presentan componentes fisiológicamente activos, cuyos beneficios trascienden la nutrición básica y pueden ayudar en la prevención de ciertas enfermedades o a mejorar la salud. El hallazgo de compuestos bioactivos, inducirá aislar y purificar unidades específicas, dilucidar estructuras químicas y realizar ensayos “in vitro” e “in vivo”, resultados que permitirán maximizar el uso de los granos andinos, en la industria alimenticia, química, farmacéutica, cosmética, de colorantes, etc.

El contenido del boletín aborda las temáticas de los metabolitos secundarios y la fibra alimentaria. El texto cumple con los requisitos generales siguientes: Introducción, mención de las especies en estudio, metodologías utilizadas, resultados obtenidos, conclusiones y un glosario de términos. Se completa con la bibliografía, referencias específicas y los Anexos conteniendo el flujograma del tamizaje fitoquímico, descripción de las metodologías, reactivos utilizados y cálculos de varios componentes.

La difusión del conocimiento en todos los estratos de la población es prioritaria para evitar que la ignorancia sea un factor agravante en las diversas situaciones que se presentan por un consumo inadecuado como el sobrepeso, la obesidad o la desnutrición. Por ello, a través de este boletín se pretende aportar información acerca de los metabolitos secundarios y la fibra dietética de los granos andinos, tanto para los profesionales que desarrollan productos alimenticios, aquellos que brindan orientación alimentaria, como para los profesionales preocupados y ocupados por la salud y el bienestar de la población.

METABOLITOS SECUNDARIOS



1.- Introducción

Los vegetales, además de metabolitos primarios, tales como carbohidratos, aminoácidos, ácidos grasos, poliaminas, citocromos, clorofilas e intermediarios metabólicos de las vías anabólicas y catabólicas, también producen metabolitos secundarios, es decir, sustancias que no parecen participar directamente en el crecimiento o desarrollo, sustancias que no son necesarias para que un organismo pueda existir como tal, sino que simplemente aportan al individuo que las produce una ventaja para responder a estímulos del entorno (Ross, 2010).

Algunos metabolitos secundarios sólo están presentes en determinadas especies y cumplen una función ecológica específica, como por ejemplo atraer a los insectos para transferirles el

polen, o animales para que éstos consuman sus frutos y así poder diseminar sus semillas; también pueden actuar como pesticidas naturales de defensa contra herbívoros o microorganismos patógenos, incluso como agentes alelopáticos (sustancias que permiten la competición entre especies vegetales), también se pueden sintetizar metabolitos secundarios en respuesta a daño en algún tejido de la planta, así como contra la luz UV y otros agentes físicos agresivos, incluso actuar como señales para la comunicación entre plantas con microorganismos simbiotes (Valle, 2008).

Los metabolitos secundarios siguen siendo utilizados hoy día en medicina, bien en forma de preparados homeopáticos (que consisten básicamente en preparaciones relativamente crudas de la planta), o bien en forma de productos naturales purificados. El empleo de los productos naturales en la medicina ha llevado al surgimiento de una nueva rama de la farmacología llamada farmacognosia, y de la etnobotánica, que se dedica a estudiar activamente el empleo de los extractos de plantas como compuestos base de los medicamentos (Avalos & Pérez, 2009).

Además de ser importantes como medicamentos, también hay evidencias de que los metabolitos secundarios son importantes para el estado de salud en general. Algunos de ellos tales como los flavonoides y otros compuestos fenólicos, actúan como antioxidantes, capturando especies reactivas de oxígeno previniendo así de la oxidación celular. Otros, tales como los glucosinolatos, parecen ser tóxicos selectivamente sólo para las células pre-cancerosas reduciendo el riesgo de formación de carcinomas (Carretero, 2000).

Por otro lado, además de utilizarse para dar sabor, aroma y color a los alimentos, surge ahora el interés por utilizarlos como sustitutos de los aditivos artificiales. Así por ejemplo, se pretende aprovechar las cualidades preservantes y antioxidantes de ciertos compuestos derivados de fenilpropanoides para utilizarlos como aditivos “naturales” (Valle, 2008).

Existen gran cantidad de metabolitos secundarios en las plantas y se clasifican en función de la presencia o no de nitrógeno en su composición, no obstante, los tres grupos de metabolitos secundarios más importantes en los vegetales son los terpenoides, fenilpropanoides (o compuestos fenólicos) y los alcaloides (este último grupo lleva nitrógeno en su estructura), (Ross, 2010).

2. Materiales y métodos

2.1 Materiales

Se utilizó 4 variedades de quinua (INIAP- Tunkahuan, INIAP- Pata de venado, criolla morada, criolla blanca), 3 variedades de chocho (INIAP-450, INIAP-451, criollo) 2 variedades de amaranto (INIAP-alegría, Perucho) y una variedad de sangorache (INIAP-Rubí).

2.2 Metodología

Para la obtención de extractos a partir de los granos, hojas e inflorescencias se siguió la metodología descrita por Miranda (2012), la cual consiste en realizar extracciones sucesivas de fracciones de la planta con solventes de diferente polaridad, obteniéndose extractos etéreos, alcohólicos y acuosos como se observa en la Figura 1.

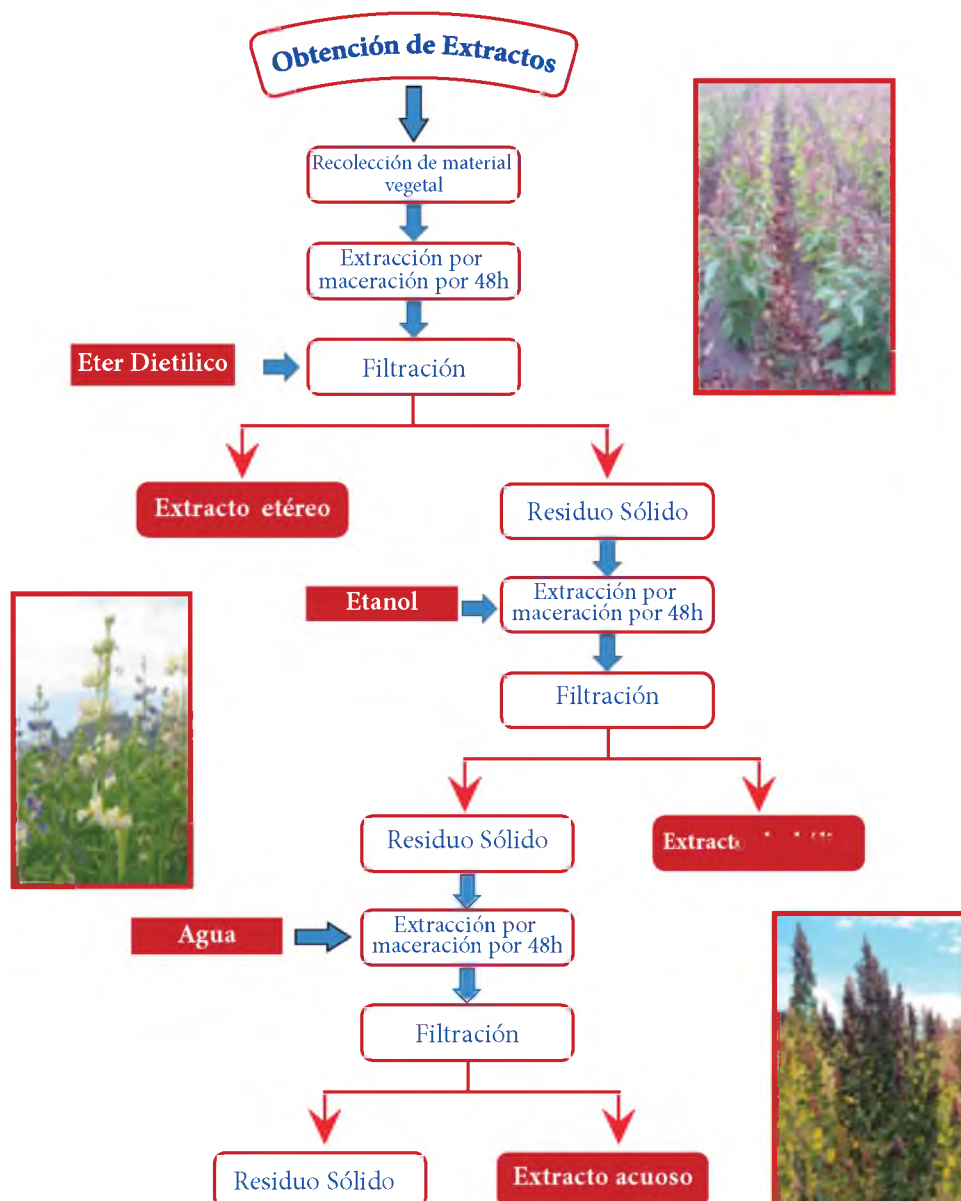


Figura 1. Metodología para la preparación de extractos vegetales

2.3 Tamizaje fitoquímico

Los diferentes extractos fueron sometidos a ensayos fitoquímicos, que son pruebas cualitativas de color y/o precipitación como se muestra en la Figura 2, las mismas que detectan la presencia abundante (+++), moderada (++) y escasa (+) de metabolitos secundarios como: aceites y grasas, lactonas y cumarinas, triterpenos y esteroides, catequinas, quinonas, azúcares reductores, principios amargos, flavonoides, fenoles y taninos, saponinas y alcaloides.

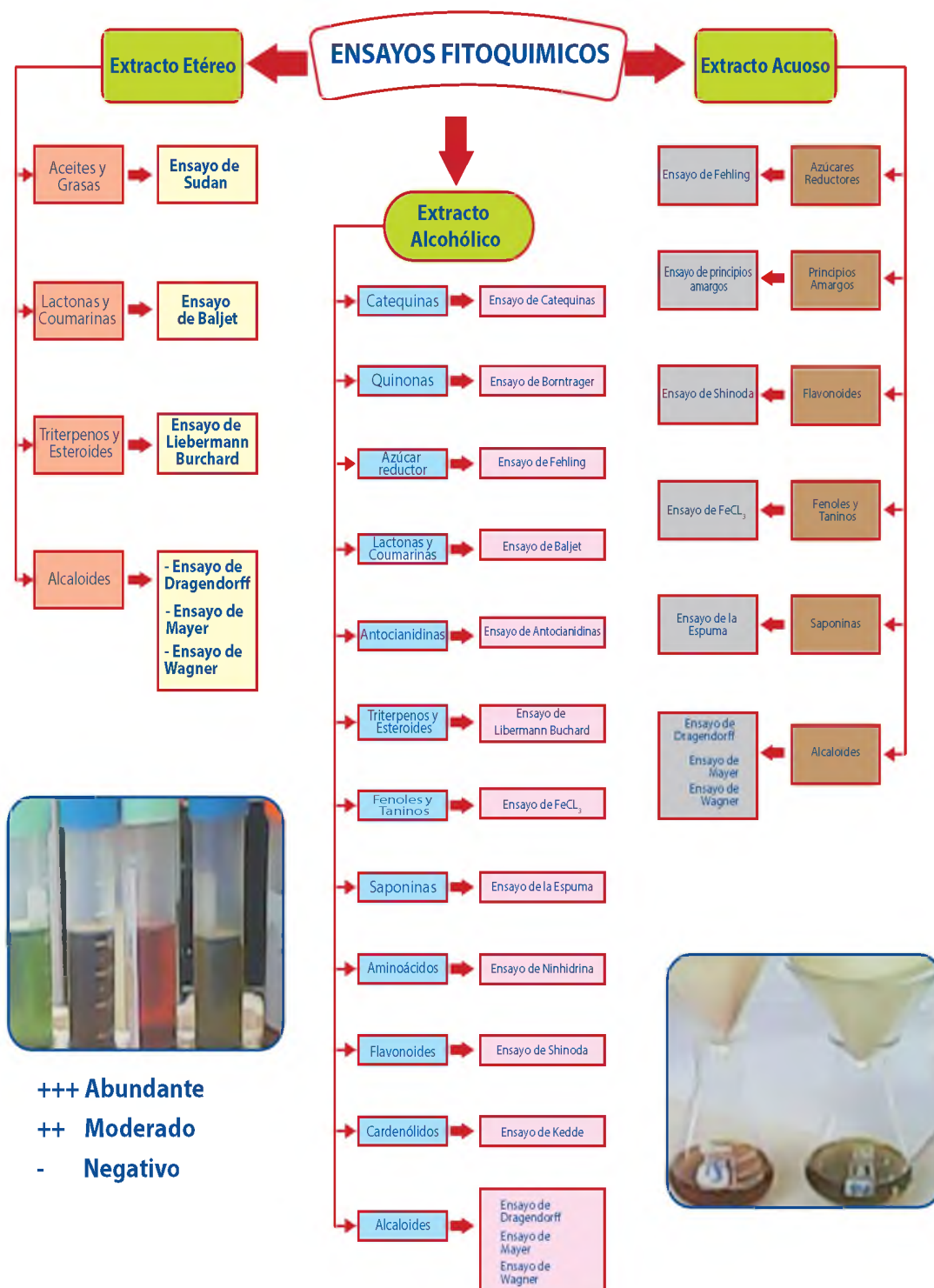


Figura 2. Metodología para realizar el tamizaje fitoquímico de extractos vegetales

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

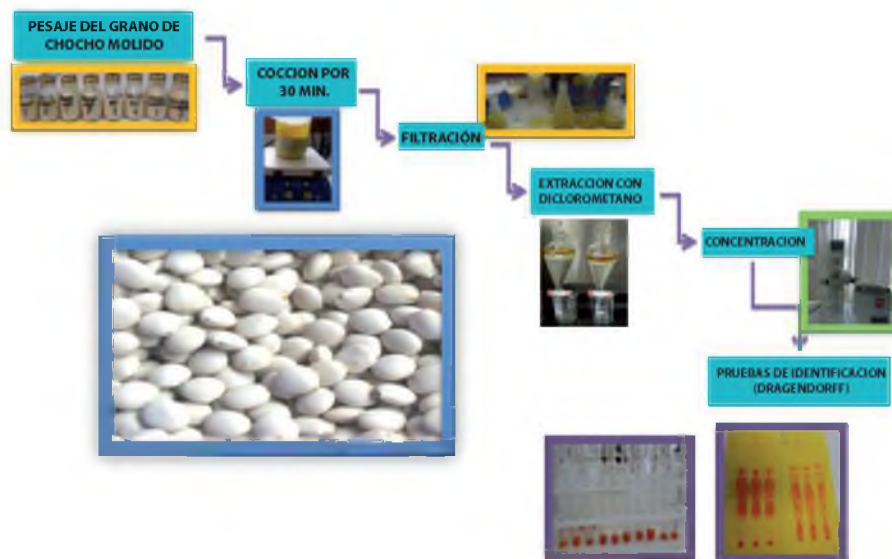


Figura 3. Detección de alcaloides quinolizidínicos en extractos de chocho

3. Resultados

3.1 Grupos fitoquímicos relevantes de los granos andinos

3.1.1 Aceites y Grasas

A través del ensayo de Sudán, se determinó que los aceites y grasas predominan en el extracto etéreo de las hojas y granos crudos, tanto del chocho como de la quinua (Cuadro 1); con presencia moderada de estos compuestos en las hojas y granos de amaranto y sangorache. Después del cocimiento, la presencia de aceites y grasas disminuyó de nivel abundante a moderado (+), como se muestra en el Cuadro 3.

3.1.2 Triterpenos y Esteroides

Otro grupo fitoquímico importante detectado en los extractos etéreo y alcohólico de las hojas y granos del chocho y quinua son los triterpenos y esteroides (Cuadro 1), estos compuestos son insolubles en agua y derivan de la unión de unidades de isopreno (5 átomos de Carbono). El grupo de los terpenos, incluye hormonas (giberelinas y ácido abscísico), pigmentos carotenoides (carotenos y xantofilas), esteroides (ergosterol, sitosterol, colesterol), derivados de los esteroides (glicósidos cardíacos), latex y aceites esenciales que proporcionan el olor y el sabor característico a las plantas (Mendoza & Calvo, 2012).

El color verde intenso-visible con el reactivo Libermann-Buchard, sugiere la presencia de esteroides, principalmente los denominados fitosteroides: β -Sitosterol, campesterol, y estigmasterol.

Cuadro 1. Grupos fitoquímicos relevantes de los granos y hojas de chocho, quinua, amaranto y sangorache (Extracto etéreo)

Muestras Crudas		Acetas y grasas	Lactonas y coumarinas	Triterpenos y esteroides	Alcaloides		
		Ensayo de Sudan	Ensayo Bajlet	Ensayo de Libermann-Buchard	Ensayo de Dragendorff	Ensayo de Mayer	Ensayo de Wagner
Grano de quinua	Criolla blanca	+++	+	+++	-	-	-
	Criolla morada	+++	+	+++	-	-	-
	INIAP- Pata de venado	+++	+	+++	-	-	-
	INIAP- Tunkahuan	+++	+	+++	-	-	-
Hojas de quinua	Criolla blanca	+++	++	+++	-	-	-
	Criolla morada	+++	++	+++	-	-	-
	INIAP - Pata de venado	+++	++	+++	-	-	-
	INIAP- Tunkahuan	+++	++	+++	-	-	-
Grano de Chocho	Criollo	+++	++	+++	+++	+++	+++
	INIAP - 450	+++	++	+++	+++	+++	+++
	INIAP- 451	+++	++	+++	+++	+++	+++
Hojas de chocho	Criollo	+++	++	+++	++	++	++
	INIAP- 450	+++	++	+++	++	++	++
	INIAP- 451	+++	++	+++	++	++	++
Grano de amaranto	INIAP- Alegría	++	+	+++	-	-	-
	Perucho	++	+	+++	-	-	-
Hojas de amaranto	INIAP- Alegría	++	+	+++	-	-	-
	Perucho	++	+	+++	-	-	-
Sangorache INIAP-Rubí	Grano	++	++	+++	-	-	-
	Hojas	++	+	+++	-	-	-
	Panoja	++	+	+++	-	-	-
Muestras procesadas							
Grano de quinua	Criolla blanca expandida	++	-	++	-	-	-
	Criolla morada Expandida	++	-	++	-	-	-
	INIAP- Pata de venado expandida	++	-	++	-	-	-
	INIAP- Tunkahuan Expandida	++	-	++	-	-	-
Grano de Chocho	INIAP 450 – Desamargado	++	-	++	+	+	+
	INIAP 451 – Desamargado	++	-	++	+	+	+
Grano de amaranto	INIAP- Alegría Expandido	++	-	++	-	-	-
	Perucho Expandido	++	-	++	-	-	-
Sangorache INIAP- Rubí	Expandido	++	-	++	-	-	-
		Abundante: +++	Moderado: ++	Escaso: +	Negativo: -		

Fuente: Guapi, 2013

Cuadro 2. Grupos fitoquímicos relevantes de los granos y hojas de chocho, quinua, amaranto y sangorache (Extracto alcohólico)

Muestras Crudas	Cafequi- nas	Quinonas	Azúcares reductores	Lactonas y Coumarinas	Antociani- nas	Triterpenos y esteroides	Fenoles y Taninos	Saponinas	Aminoácidos	Flavonoides	Cardeno- lidos	Alcaloides			
		Borntra- ger	Fehling	Baljet		Liebermann- Buchard	FeCl ₃	Espuma	Ninhidrina	Shinoda	Kedde	Dragendorff	Mayer	wagner	
Grano de quinua	Criolla blanca	++	-	++	++	+++	+++	+	++	+++	+++	-	-	-	-
	Criolla morada	++	-	++	++	+++	+++	+	++	+++	+++	-	-	-	-
	INIAP- Pata de venado	++	-		++	+++	+++	+	++	+++	+++	-	-	-	-
	INIAP Tunkahuan	++	-	++	++	+++	+++	+	++	+++	+++	-	-	-	-
Hojas de quinua	Criolla blanca	++	-	++	++	+	+++	++	++	++	+	-	-	-	-
	Criolla morada	++	-	++	++	+	+++	++	++	++	+	-	-	-	-
	INIAP Pata de venado	++	-	++	++	+	+++	++	++	++	+	-	-	-	-
	INIAP Tunkahuan	++	-	++	++	+	+++	++	++	++	+	-	-	-	-
Grano de chocho	Criollo	+	-	+	++	+	++	-	-	++	+	-	+++	+++	+++
	INIAP 450	+	-	+	++	+	++	-	-	++	+	-	+++	+++	+++
	INIAP 451	+	-	+	++	+	++	-	-	++	+	-	+++	+++	+++
Hojas de chocho	Criollo	+	-	++	++	+	++	-	-	++	+	-	++	++	++
	INIAP 450	++	-	++	++	+	++	-	-	++	+	-	++	++	++
	INIAP 451	++	-	++	++	+	++	-	-	++	+	-	++	++	++
Grano de amaranto	INIAP- Alegria	++	-	++	++	++	+++	+	+	+++	++	-	-	-	-
	Perucho	++	-	++	++	++	+++	+	+	+++	++	-	-	-	-
Hojas de amaranto	INIAP Alegria	++	-	++	++	++	+++	++	+	++	++	-	-	-	-
	Perucho	++	-	++	++	++	+++	++	+	++	++	-	-	-	-
Sangorache INIAP-rubi	Grano	++	-	++	++	++	+++	+	+	++	++	-	-	-	-
	Hojas	++	-	++	++	++	+++	++	+	++	++	-	-	-	-
	Panoja	++	-	++	+	+	++	++	-	+	+	-	-	-	-

Abundante: +++ Moderado: ++ Escaso: + Negativo: -

Fuente: Guapi, 2013

Cuadro 3. Grupos fitoquímicos relevantes de los granos y hojas de chocho, quinua, amaranto y sangorache procesados (Extracto alcohólico)

Muestras procesadas		Catequinas	Quinonas	Azúcares reductores	Lactoras y coumarinas	Triterpenos y Esteroides	Fenoles y taninos	Saponinas	Aminoácidos	Flavonoides	Cardénílicos	Alcaloides		
			Bomtrager	Fehling	Bajjet	Liebermann-Buchard	FeCl ₃	Espuma	Ninhidrina	Shinoda	Keide	Dragendorff	Mayer	Wagner
Grano de quinua	Criolla blanca expandida	+	-	++	+	+	+	-	++	++	-	-	-	-
	Criolla morada expandida	+	-	++	+	+	-	-	++	++	-	-	-	-
	INIAP-pata de venado expandida	-	-	++	+	+	-	-	++	++	-	-	-	-
	INIAP-Tunkahuan expandida	-	-	++	+	+	+	-	++	++	-	-	-	-
Grano de chocho	INIAP 450 desamargado	-	-	+	+	+	-	-	++	+	-	+	+	+
	INIAP 451 desamargado	-	-	+	+	+	+	-	++	+	-	+	+	+
Grano de amaranto	INIAP-Alegría expandido	-	-	++	+	+	+	-	++	+	-	-	-	-
	Perucho expandido	-	-	++	+	+	-	-	++	+	-	-	-	-
Sangorache INIAP-Rubi	Expandido	-	-	++	+	+	-	-	++	+	-	-	-	-

Abundante: +++ Moderado: ++ Escaso: + Negativo: -

Fuente: Guapi, 2013

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

Cuadro 4. Grupos fitoquímicos relevantes de los granos y hojas de chocho, quinua, amaranto y sangorache (Extracto acuoso)

Muestras Crudas		Azúcares reductores	Principios amargos	Fenoles y taninos	Saponinas	Flavonoides	Alcaloides		
		Fehling		FecL.	Espuma	Shinoda	Dragendorff	Mayer	Wagner
Grano de Quinua	Criolla blanca	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-
	Criolla morada	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-
	INIAP- Pata de venado	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-
	INIAP- Tunkahuan	+++	+++	++	+++	+++	-	-	-
Hojas de Quinua	Criolla blanca	++	++	+++	+	++	-	-	-
	Criolla morada	++	++	+++	+	++	-	-	-
	INIAP- Pata de venado	++	++	+++	+	++	-	-	-
	INIAP- Tunkahuan	++	++	+++	+	++	-	-	-
Grano de chocho	Criollo	+	+	+	-	++	+++	+++	+++
	INIAP- 450	+	+	+	-	++	+++	+++	+++
	INIAP- 451	+	+	+	-	++	+++	+++	+++
Hojas de chocho	Criollo	++	+	++	-	++	+++	+++	+++
	INIAP - 450	++	++	++	-	++	+++	+++	+++
	INIAP - 451	++	++	++	-	++	+++	+++	+++
Grano de amaranto	INIAP- Alegría	++	+	++	-	+++	-	-	-
	Perucho	++	+	++	++	+++	-	-	-
Hojas de amaranto	INIAP- alegría	++	++	++	++	++	-	-	-
	Perucho	++	++	++	++	++	-	-	-
Sangorache INIAP-Rubi	Grano	++	++	++	++	++	-	-	-
	Hojas	++	++	++	+	++	-	-	-
	Panoja	++	++	++	++	+	-	-	-
		Abundante: +++	Moderado: ++	Escaso: +	Negativo: -				

Fuente: Guapi, 2013

Según Brunenton (1991), estos compuestos son de gran importancia para maximizar el efecto hipocolesterolémico de las dietas bajas en grasa. Otros compuestos terpenoides tienen importancia medicinal por sus propiedades anticarcinogénicas, antiulcerosas, antimalarias, antimicrobianas, etc. (Ávalos & Pérez, 2009). Los monoterpenos, formados por dos moléculas de isopreno tienen valor fisiológico y comercial como fuente de aromas tanto en la alimentación como en cosmética. La menor intensidad de la reacción de coloración reveló que los triterpenos y esteroides disminuyen de un nivel abundante (+++) a moderado (++), cuando los granos son escarificados y cocidos en el caso de la quinua y desamargado en el caso del chocho, como se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 5. Grupos fitoquímicos relevantes de los granos procesados de chocho, quinua, amaranto y sangorache (Extracto acuoso)

Muestras procesadas		Catequinas	Azúcares reductores	Principios amargos	Fenoles y taninos	Saponinas	Flavonoides	Alcaloides		
			Fehling		FeCl ₃	Espuma	Shinoda	Dragendorff	Mayer	Wagner
Grano de quinua	Criolla blanca expandida	+	++	-	+	+	++	-	-	-
	Criolla morada expandida	+	++	-	-	+	++	-	-	-
	INIAP- Pata de venado, expandida	-	++	-	-	+	++	-	-	-
	INIAP- Tukahuan expandida	-	++	-	+	+	++	-	-	-
Grano de chocho	INIAP- 450	-	+	+	-	-	+	+	+	+
	INIAP - 451	-	+	+	+	-	+	+	+	+
Grano de Amaranto	INIAP- Alegría expandido	-	++	-	+	-	+	-	-	-
	Perucho expandido	-	++	-	-	-	+	-	-	-
Sangorache INIAP-Rubi	Expandido	-	++	-	-	-	+	-	-	-
		Abundante: +++		Moderado: ++		Escaso: +		Negativo: -		

3.1.3 Alcaloides

Los ensayos de Dragendorff, Mayer y Wagner realizados en los extractos etéreo y acuoso, revelan presencia abundante de alcaloides en el grano y un nivel moderado en las hojas de chocho; mientras que la quinua, el amaranto y sangorache no presentan estos compuestos. Los resultados obtenidos sugieren que el chocho en estado crudo presenta compuestos biológicamente activos, que disminuyen considerablemente por efecto del procesamiento del grano.

3.1.4 Lactonas y Coumarinas

En los extractos etéreo y alcohólico, se determinó que estos compuestos están presentes en un nivel moderado en el grano y hojas de chocho. En la quinua su presencia es moderada en las hojas y escasa en el grano; en el sangorache, aparecen en nivel moderado en el grano y en forma escasa en las hojas y panojas, igual ocurre en el grano y hojas de amaranto (Cuadros 1 y 2). Resultados que hacen suponer que las hojas de quinua, chocho, al igual que los granos de chocho y sangorache en estado crudo, presentan actividad biológica como anticoagulantes y antibacterianos. Según Lock, (1988) y Mendoza *et al.* (2012), las coumarinas además de las propiedades mencionadas, tienen acción sobre el sistema vascular y son de utilidad en las alteraciones de la piel; en el campo, protegen a las plantas frente al ataque bacteriano y de hongos patógenos, repelen herbívoros e inhiben la germinación de las semillas.

3.1.5 Flavonoides

Los compuestos fenólicos o polifenoles comprenden un conjunto de sustancias formadas por anillos aromáticos que van desde moléculas sencillas como los ácidos fenólicos hasta polímeros más complejos como los taninos, coumarinas o pigmentos como los flavonoides (Ávalos & Pérez, 2009). Estos últimos se encuentran en nivel abundante en los extractos alcohólico y acuoso de los granos crudos de quinua y amaranto, en nivel moderado en el extracto acuoso de las hojas de quinua, amaranto, granos de chocho y sangorache. En los extractos alcohólicos de las fracciones mencionadas se detecta escasa presencia de flavonoides (Cuadros 2 y 3). Cuando los granos son procesados, los flavonoides de la quinua y el amaranto disminuyen de nivel abundante a moderado y persisten en forma escasa en el chocho y sangorache (Cuadro 5).

Estos resultados indican que en medio acuoso, los granos de quinua y amaranto, en estado crudo son una buena fuente de flavonoides, después del procesamiento su aporte se reduce a moderado. Martínez *et al.* (2002), señala que los flavonoides presentan propiedades farmacológicas y protectoras para la salud. Algunos modulan el sistema inmune y las respuestas inflamatorias, por su impacto en la función del músculo. También los hay con cualidades anticancerígenas, antivirales, antitóxicas, y protectoras del hígado.

3.1.6 Antocianidinas

Las antocianidinas son pigmentos hidrosolubles pertenecientes al grupo de los flavonoides, que se encuentran en forma abundante en los extractos alcohólicos de los granos de quinua (+++), su nivel es moderado en los granos y hojas de amaranto y sangorache (++) y escaso en las hojas de quinua, hojas y grano de chocho, así como panojas de sangorache (Cuadro 2). Según Aguilera *et al.* (2011), las antocianidinas son las responsables de los pigmentos de color azul oscuro de algunas frutas y verduras, presentan propiedades anti-inflamatorias y conforman el 50% de los principales compuestos activos de muchos remedios fitoterapéuticos.

3.1.7 Catequinas

Estos compuestos, se presentan en cantidad moderada en el grano y hojas de quinua, amaranto y sangorache en estado crudo; en el grano de chocho su presencia es escasa (Cuadro 2). Sin embargo, la cocción del grano produce pérdida de las catequinas en la mayoría de granos, persistiendo un nivel escaso en las variedades de quinua, criolla blanca y morada (Cuadro 3).

Las catequinas son un tipo de flavonoides que contienen las plantas, se encuentran de forma natural en las hojas de té verde, determinan su astringencia, son incoloras, se disuelven en el agua y pueden ayudar a reducir la grasa abdominal (Carretero, 2000).

3.1.8 Taninos

Aparecen en forma abundante en los extractos acuosos de hojas de quinua y su presencia es moderada en los extractos alcohólicos y acuosos de los granos de chocho, quinua, amaranto y sangorache. Los granos procesados de quinua criolla blanca, Tunkahuan, chocho INIAP-451 y amaranto, presentan taninos en forma escasa, mientras que en los restantes materiales estos compuestos desaparecen por efecto del procesamiento (Cuadros 3 y 5).

Los taninos juegan un rol importante tanto en el plano organoléptico como nutricional, fisiológico y farmacológico. Su capacidad para formar complejos con las proteínas es el origen de sus múltiples propiedades, principalmente la sensación de astringencia percibida en la cavidad bucal, a menudo los taninos catequinos están asociados a la astringencia de los vinos (Botanical online, 2013). Son antídotos en intoxicaciones por metales pesados y alcaloides, astringentes, antisépticos, protectores de la piel, antioxidantes. Existen trabajos que evidencian que la presencia de estos compuestos inhiben la acción de enzimas y microorganismos en el rumen, limitan la degradación de nutrientes y reducen la producción de ácidos grasos como productos finales de la degradación (Boulton, 1999; Muzquiz *et al.*, 2006).

3.1.9 Principios amargos

Los principios amargos (saponinas, lactonas, etc.), son componentes que otorgan el típico amargor a determinadas plantas; en los extractos acuosos de los granos de quinua se presentan en forma abundante, mientras que en los granos de chocho, amaranto y sangorache su presencia es escasa. Las hojas de quinua, chocho, amaranto y sangorache, muestran contenidos moderados (++) . López, (2001), señala que los principios amargos pueden favorecer el metabolismo de algunas vitaminas y la digestión, ya que estimulan la producción de la hormona gástrica. También ayudan a alcalinizar el organismo (Botanical online, 2013).

El tamizaje fitoquímico no reveló presencia de cardenolidos en los materiales en estudio; este tipo de compuestos se limita más a familias como las rubiáceas, las ramnáceas y las poligonáceas, que concentran los cardenolidos en los leños, cortezas y raíces (familia del café), en menor proporción también se encuentran en las leguminosas, hongos, líquenes, equinodermos y artrópodos (Bruneton, 1991; Martínez *et al.*, 2002).

3.1.10 Otros compuestos

Los compuestos que aparecen en forma abundante en los extractos acuosos de los granos de quinua, en forma moderada en las hojas y granos de amaranto, sangorache y en proporción escasa en los granos de chocho, son los azúcares reductores, los que pueden liberar grupos aldehídos (maltosa y lactosa) o cetónicos (fructuosa). Los aminoácidos están en forma abundante en los granos de quinua, chocho, amaranto y sangorache, aunque en forma moderada también lo presentan las hojas. Estos compuestos pueden actuar como sustancias protectoras de las plantas frente a los predadores (microorganismos, insectos, etc). Aunque también se comportan como antimetabolitos debido a su interferencia con los aminoácidos normales durante la biosíntesis de las proteínas (Bruneton, 1991; Llerena, 2011).

3.2 Cuantificación de metabolitos secundarios relevantes

3.2.1 Flavonoides Totales

Los resultados del tamizaje fitoquímico, las potenciales propiedades farmacológicas y protectoras de la salud, referidas por varios autores (Martínez *et al.*, 2002; Avalos & Pérez, 2009; Botanic online, 2013) orientaron la cuantificación de flavonoides en los extractos acuosos de los granos y hojas de quinua, chocho, amaranto y sangorache. El mayor contenido correspondió a las

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

hojas de quinua, específicamente las variedades Pata de Venado y Morada criolla con 410 y 382,97 mg/100 g muestra seca, respectivamente. En las hojas de amaranto y sangorache el contenido varió entre 49,61 a 94,13 mg/100 g, mientras que en los granos el rango de variación fue 1,72 a 44,12 mg/100 g (Figura 4).

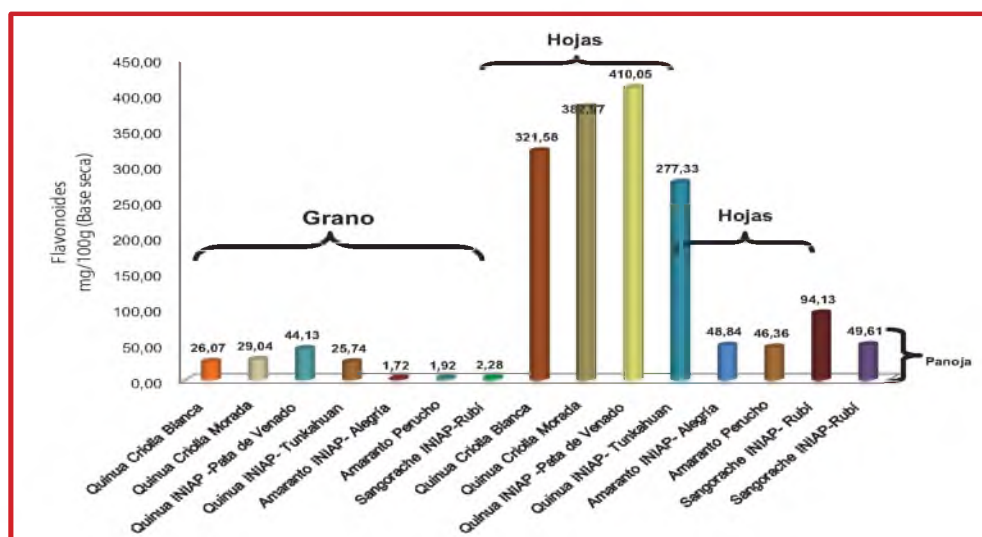


Figura 4. Contenido de flavonoides en la quinua, amaranto y sangorache

El contenido de flavonoides en las hojas de quinua, podría determinar un aumento de su valor comercial, ya que a estos compuestos se han asignado múltiples efectos biológicos, incluyendo actividades antibacterianas, antivíricas, antiinflamatorias, antialérgicas y vasodilatadoras (Aguilera *et al.*, 2011).

3.2.2 Alcaloides

Los alcaloides se encuentra en abundancia en hojas (3,6 %) y granos de chocho (3,9 %), en estado crudo (Figura 5). Constituyen el mayor grupo de metabolitos secundarios presentes en la naturaleza; existen alrededor de 5500 y se caracterizan por ser solubles en agua, presentar al menos un átomo de nitrógeno en su estructura molecular y derivan generalmente de aminoácidos como la lisina, tirosina, el triptófano, etc. (Ávalos & Pérez, 2009; Lock, 1988).

La actividad biológica de los alcaloides puede ser de utilidad en la agricultura, la industria farmacéutica y alimenticia. Villacrés *et al.*, (2008), evaluaron la actividad nematocida y fungicida de extractos alcaloidales del chocho y determinaron una efectividad del 96% en el control de nematodo del nudo de la raíz (*Meledoiogyne incognita*) en plantas de tomate de árbol y naranjilla. Igualmente, determinaron que la inmersión de frutos de borjón en una solución alcaloidal de chocho al 6,37%, durante dos minutos, extendió su durabilidad hasta 10 días, en condiciones medio ambientales (17°C, 50% humedad relativa) y hasta 55 días en refrigeración. En humanos, los alcaloides generan respuestas fisiológicas y psicológicas, la mayoría de ellas consecuencia de su interacción con neurotransmisores. A dosis altas, casi todos los alcaloides son muy tóxicos. Sin embargo, a dosis bajas tienen un alto valor terapéutico como relajantes musculares, tranquilizantes, antitúxicos o analgésicos (Ávalos & Pérez, 2009).

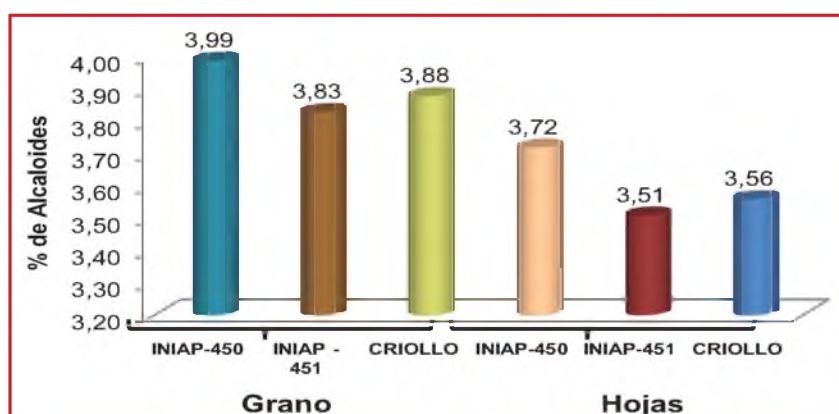


Figura 5. Contenido de alcaloides totales en las hojas y granos de chocho, en estado crudo

3.2.3 Saponinas

Las saponinas son compuestos heterocíclicos que tienen propiedades tensoactivas, capaces de producir espumas para la fabricación de detergentes, jabones, etc. López, (2001) refiere que estos compuestos son tóxicos para los moluscos, ya que rompen la cadena de transmisión de las esquistosomiasis (fiebre del caracol).

Además tienen aplicaciones terapéuticas como efecto protector del cáncer de estómago e intestinos, reducen la colesterolemia y son antiinflamatorias; también se les atribuye propiedades expectorantes y antitúxicas (Mendoza & Calvo, 2012). Entre los modos de acción que se han propuesto para la actividad anticancerígena de las saponinas se incluyen el efecto antioxidante, el carácter citotóxico para las células cancerígenas, la modulación inmunológica y la regulación de la proliferación celular.

Mediante el ensayo de la espuma se determinó que la variedad de quinua Pata de Venado, presenta la mayor concentración (0.08%), seguida de la variedad Criolla Morada con 0.06% (Figura 6); estas dos variedades representan una excelente materia prima de la que se pueden extraer las saponinas para su posterior purificación y uso farmacéutico. Las hojas y granos de amaranto y sangorache contienen cantidades menores de saponinas (Cuadro 4).

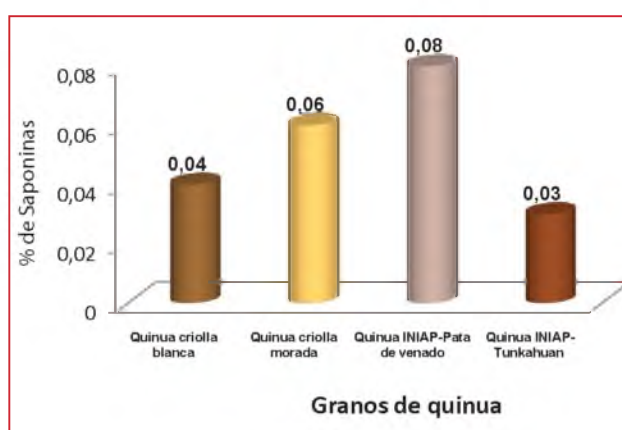


Figura 6. Contenido de Saponina en granos de quinua en estado crudo

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

Desde el punto de vista alimenticio, las saponinas se consideran factores antinutritivos y son eliminadas del grano de quinua previo a su consumo, ya sea lavando las semillas en agua fría corriente o por vía seca mediante escarificación.

4. Conclusiones

El tamizaje fitoquímico de los granos andinos, permitió detectar compuestos químicos con posible actividad biológica para prevenir o retrasar el desarrollo de enfermedades.

Los extractos etéreo y alcohólico de los granos así como de las hojas de chocho y quinua, revelaron la presencia de triterpenos y esteroides, grupos fitoquímicos relevantes para una alimentación saludable, atribuible a sus propiedades hipocolesterolémicas, anticancerígenas y antimicrobianas, citada por varios autores.

Con el reactivo de Baljet se determinó presencia moderada de lactonas y coumarinas en los granos y hojas de chocho, así como en los granos de sangorache y hojas de quinua. La presencia de estos compuestos fue escasa en las panojas de sangorache y granos de quinua.

Debido a la mayor solubilidad de las antocianidinas en alcohol, estos compuestos predominaron en los extractos alcohólicos preparados a partir de los granos de quinua, mientras que en los extractos de hojas y granos de amaranto y sangorache, su presencia fue moderada.

Las reacciones de coloración, revelaron presencia moderada de catequinas en los granos y hojas de quinua, amaranto y sangorache.

Los taninos predominaron en los extractos acuosos de las hojas de quinua, no así en los extractos de los granos de chocho, quinua, amaranto y sangorache, que mostraron un contenido moderado, el cual disminuyó a nivel bajo, cuando los granos fueron procesados.

En el grupo de compuestos amargos, sobresalieron los alcaloides en las hojas y granos de chocho, mientras que las saponinas predominaron en los granos de quinua. Estos últimos, en estado crudo, también constituyen fuente importante de flavonoides; sin embargo después del procesamiento su contenido desciende de abundante a moderado.

Las variedades de quinua INIAP-Pata de Venado y Criolla morada, son fuente importante de saponinas, con un contenido promedio de 0,08% y 0,06%, respectivamente.

A través de los ensayos de Dragendorff, Mayer y Wagner, se detectó un contenido importante de alcaloides totales en las hojas y granos de chocho, alcanzando valores promedio de 3,6% y 3,9%, respectivamente. De lo que se concluye, que el chocho es una fuente importante de alcaloides quinolizidínicos, con potencial de aplicación en los campos de la agricultura, farmacia y los alimentos.

FIBRA DIETÉTICA



1. Introducción

La fibra fue considerada en el pasado como un componente de los alimentos insípidos, inerte y sin importancia, pero en los años recientes su déficit se ha relacionado con muchos desordenes fisiológicos y de enfermedades denominadas sociales (obesidad, enfermedades coronarias, alergias, cánceres del sistema digestivo y del colon, diabetes mellitus), (García *et al.*, 2008).

La fibra es un componente que confiere rigidez y firmeza a los vegetales (Prosky, *et al.*, 1988); es la parte estructural de las paredes celulares de los vegetales, en la cual están presentes sustancias no digeribles como celulosa, hemicelulosa, pectinas y ligninas. La fibra no es una fuente de energía, debido a que las enzimas digestivas de los seres humanos no la pueden fraccionar.

Los componentes de la fibra alimentaria pueden ser clasificados en cuatro grupos principales: Polisacáridos y oligosacáridos no digeribles, carbohidratos análogos, lignina y otras sustancias asociadas de la plantas, como se muestra en la Figura 7.

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

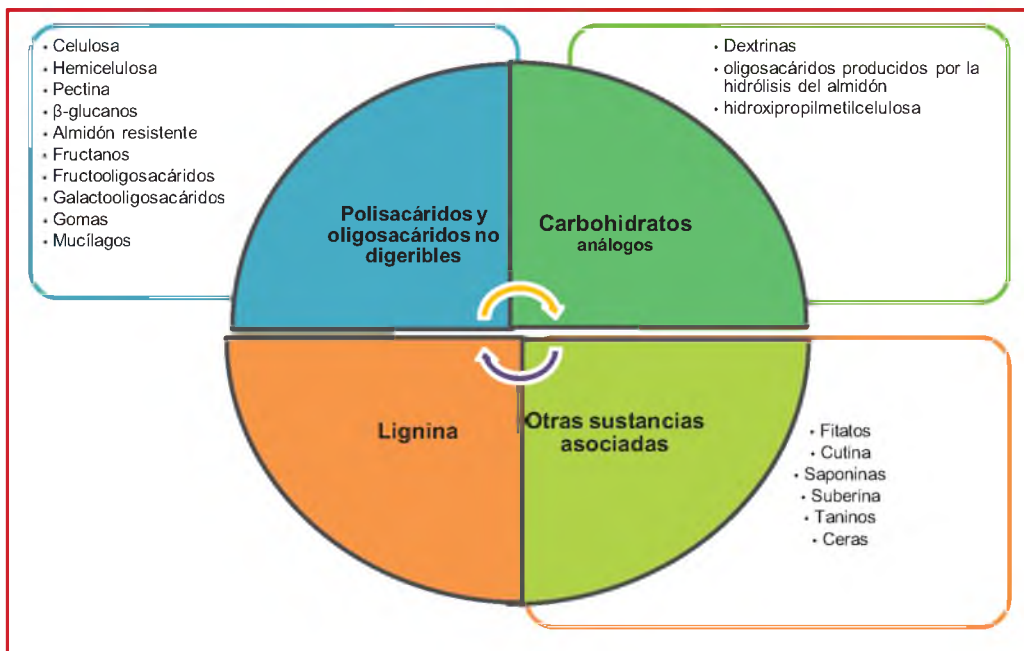


Figura 7: Composición de la fibra alimentaria (AACC, 2001)

Si bien el consumo regular de alimentos ricos en fibras es parte de una dieta saludable, cabe señalar que no todas las personas pueden consumir fibra, ya que para el tratamiento de los padecimientos gastrointestinales hay dos estrategias opuestas según sea el requerimiento:

- Tratar de aumentar la absorción de nutrientes en el intestino. Por ejemplo, en padecimientos como la enfermedad celiaca (intolerancia al gluten), en la enfermedad de Crohn (inflamación de los intestinos) y en el síndrome del intestino corto, una de las medidas incluye la eliminación de alimentos con alto contenido de fibra. Demasiada fibra en la dieta de un niño tal vez sea dañina porque sus concentraciones elevadas tienen el potencial de reducir la densidad de energía de la dieta, lo que podría afectar el crecimiento. Es posible que las dietas con contenido elevado de fibra afecten la biodisponibilidad de algunos minerales como el hierro y el calcio (Brown, 2008; Gil, 2010).
- Tratar de disminuir la absorción de nutrientes en el intestino, es el objetivo en padecimientos como la diabetes, lípidos sanguíneos altos (colesterol, triglicéridos) y obesidad, en estos casos las medidas incluyen dietas ricas en fibra, sustitutos alimenticios que no se absorben y otros más. Las dietas con alto contenido de fibra reducen el índice de absorción de glucosa (Beneficio para las personas con diabetes) y es posible que ayuden a

prevenir enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer. Una alimentación alta en fibra provee grandes beneficios a la salud y su carencia en la alimentación se relaciona con el desarrollo de varias enfermedades. El *Committee on Nutrition de la American Academy of Pediatrics* (AAP), recomienda un consumo de fibra dietética de 0,5 g/kg de peso corporal en niños y adolescentes, lo que significa un consumo promedio de fibra de 15,5 a 34,5 g/día en varones de 10 a 18 años de edad y de 16,0 a 28,5 g/día en mujeres de 10 a 18 años. La AAP recomienda, también que el consumo de fibra no exceda los 35 g/día, debido a que, concentraciones superiores a esta cantidad pueden reducir la biodisponibilidad de algunos minerales (Brown, 2008).

Actualmente se dispone de diversas fuentes de fibra dietética, como los cereales, granos andinos, vegetales, frutas y legumbres, las cuales pueden ser consumidas de manera directa o transformadas en productos ricos en fibra. Su importancia radica en las propiedades fisiológicas en el organismo, ayudando a prevenir la presencia de enfermedades silenciosas, así como, los efectos que tienen las propiedades funcionales tecnológicas en los productos alimentarios, mejorando las características organolépticas (Peña, 2005; Palacios, 2013).

Hoy en día, ha aumentado el interés en los granos andinos como materias primas para desarrollar refrigerios saludables, productos de panadería, pastelería y una gran variedad de alimentos. Los granos andinos son una fuente importante de bioactivos, tales como fibra dietética, tocoferoles, carotenoides, polifenoles, esteroides, entre otros. La fibra dietética no es modificada por las enzimas digestivas, puede ayudar a mejorar la salud del colon. Algunos estudios muestran que la fibra dietética también actúa en la reducción de la glucosa en suero y los niveles de colesterol de alto riesgo en seres humanos, (Baixauli, 2007; Ramirez & Pacheco., 2009).

2. Materiales y Métodos

2.1 Materiales

La determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble, sus componentes más relevantes y propiedades físico-químicas se realizó en tres variedades de chocho (INIAP -450, INIAP- 451, Criolla), 4 variedades de quinua (INIAP- Pata de venado, INIAP- Tunkahuan, criolla morada, criolla blanca), 2 variedades de amaranto (INIAP-Alegría, Perucho) y una variedad de sangorache (INIAP-Rubí).

2.2 Métodos

La determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble se realizó siguiendo los métodos de la AACC 32-05.01 y AOAC 985.29., como se describe en el Anexo 3. La determinación de almidón resistente se realizó aplicando el método desarrollado por Saura-Calixto (1993). Para la separación y cuantificación de los componentes de la fibra se siguió la técnica descrita en el Anexo 4 por Hernández-Unzón & Gallardo-Navarro (2002).

Las propiedades físico-químicas, se determinaron según los métodos descritos por Anderson *et al.*, (1969) y Mc Conell *et al.*, (1974), como se describe en el Anexo 5. El análisis se realizó secuencialmente como se muestra en la Figura 8.

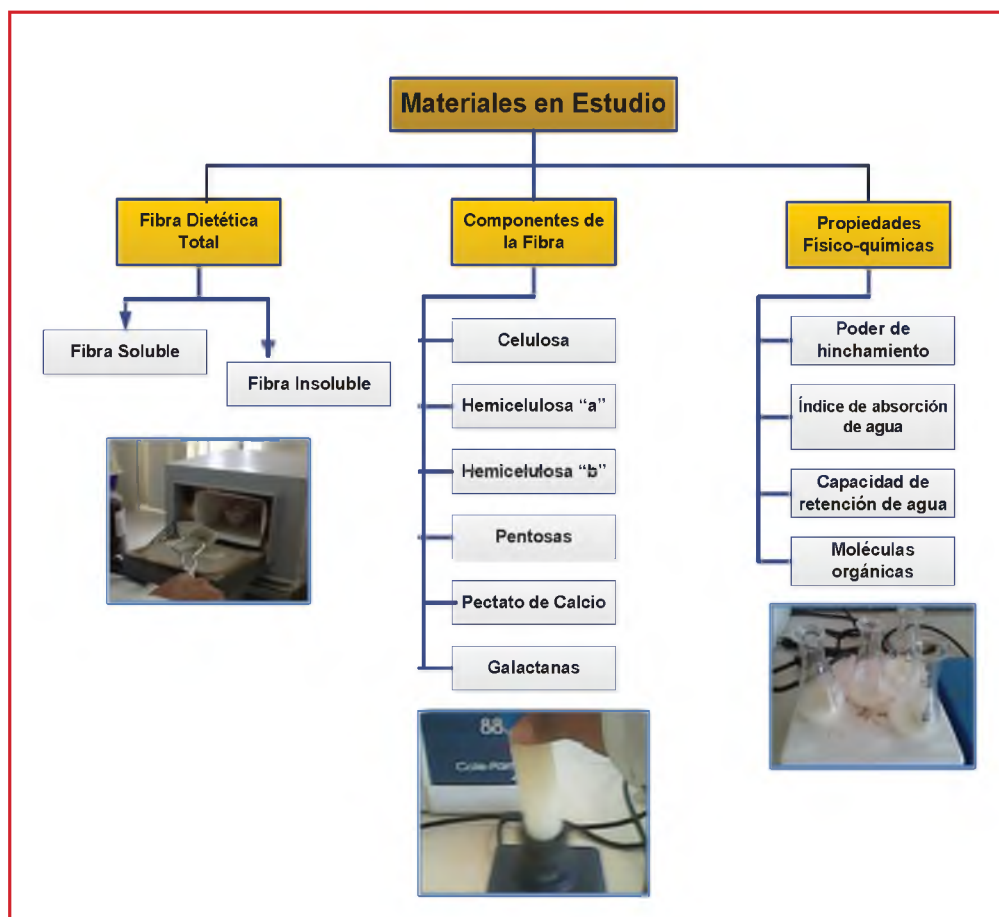


Figura 8. Esquema de cuantificación y análisis de la fibra dietética

3. Resultados

3.1 Fibra dietética total en los granos andinos

Entre los granos analizados, el chocho, variedad INIAP-450, presenta el mayor contenido de fibra dietética total, con 33,00 % en el grano crudo y 41,15 % en el grano desamargado; niveles que se enmarcan dentro de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, que sugiere una ingesta diaria de 27 a 40 gramos para una dieta de 2000 Kcal/día. La concentración de fibra dietética encontrada en el sangorache (18,05 % en grano crudo y 23,33 % en cocido), resulta apropiada para cubrir el requerimiento diario de niños entre 8 a 10 años, con una ingesta calórica de 1800 Kcal, según la recomendación de la OMS. En el amaranto, variedad Alegría se determinó 7,05 % en el grano crudo y 11,60 % en el grano cocido. La quinua, variedad Pata de Venado en estado crudo, contiene 14,74 % de fibra dietética, la que se incrementa a 17,05 % en el grano cocido. En esta especie, la variedad con menor contenido de fibra dietética resultó “Criolla blanca” con 7,30 % en el grano crudo y 9,72 % en el grano cocido (Cuadro 1). Los valores mencionados, para quinua “blanca criolla” son mayores que los reportados por Matos y Chambilla (2010) y Gil (2010), para manzana (2 %), similares a los de pasas secas (7,3%) y menores que el de garbanzo cocido (11,1%).

3.2 Tipos de fibra dietética en granos andinos

La fibra dietética puede clasificarse de acuerdo a su solubilidad en agua como soluble e insoluble. Sus propiedades y efectos fisiológicos están determinados principalmente por las proporciones que guardan estas dos fracciones, sin importar su origen (López y Marcos, citado por Sánchez, 2005). Los granos andinos son los menores aportantes de fibra soluble, cuya concentración es afectada por la cocción en agua, debido a la solubilidad de este componente en este medio. La especie con el mayor contenido de fibra soluble es el chocho, y con el menor promedio la quinua; en el primer grano la FDS, varía de 1,82 a 4,86 %, mientras que en la quinua los valores promedio fluctúan entre 0,20 a 0,68 %. Los valores mencionados, son menores a los reportados para residuos de uva, cáscara de naranja, limón, maracuyá y mango, que están en un rango de 4,6 a 15,6 % (Sánchez, 2005; Tamayo & Bermúdez, 1998).

Las recomendaciones de la FAO/OMS, establecen como apropiada una relación 3:1 entre fibra insoluble y soluble. La especie que más se aproxima a esta proporción es el grano de chocho crudo, específicamente las variedades INIAP-451 y criollo, con una relación FDI/FDS igual 5,05 y 4,74, respectivamente (Cuadro 6). Mientras que en la quinua, amaranto y sangorache, el bajo contenido de fibra soluble, especialmente en los granos cocidos determina un mayor valor de la proporción recomendada, ocasionada por la pérdida de sustancias pépticas durante la cocción. Es importante considerar que las propiedades nutricionales y la calidad de una fibra vienen determinadas, en gran parte, por el contenido y proporción de la fracción soluble e insoluble. El chocho cocido, variedad criollo contiene el mayor contenido de fibra soluble (2,15%), con relación a los demás granos en estudio, lo que permite suponer que la utilización de este grano, ya sea como ingrediente alimentario o como suplemento dietético, podría favorecer las propiedades fisiológicas características de este tipo de fibra dietética, tales como reducción de la rapidez de entrada de glucosa en sangre; control en la secreción de insulina; aumento del volumen intestinal e incremento del peristaltismo; mayor producción de ácidos grasos de cadena corta durante la fermentación colónica; mantenimiento de un ecosistema intestinal saludable (Mataix & Gasull, 2008).

Cuadro 6. Clasificación de la fibra alimentaria de los granos andinos

Especie		Condición del grano	Fibra Dietética Total	Fibra Dietética Soluble (FDS)	Fibra Dietética Insoluble (FDI)	FDI/FDS
Chocho	INIAP-450	Crudo	33,00 ^{a,b,c}	2,79 ^d	30,21 ^{b,c}	10,83
		Cocido	41,15 ^a	1,82 ^d	39,51 ^a	21,71
	INIAP-451	Crudo	29,42 ^{b,c}	4,86 ^a	24,57 ^c	5,06
		Cocido	35,40 ^{a,b}	1,88 ^d	33,70 ^{a,b}	17,93
	Criollo	Crudo	26,25 ^c	4,57 ^a	21,68 ^c	4,74
		Cocido	29,40 ^{b,c}	2,15 ^b	27,43 ^{b,c}	12,76
Quinua	Criolla Blanca	Crudo	7,65 ^e	0,35 ^a	7,30 ^e	20,86
		Cocido	9,98 ^{d,e}	0,20 ^a	9,72 ^{d,e}	48,60
	Criolla Morada	Crudo	12,25 ^{b,d}	0,64 ^a	11,61 ^{b,d}	18,14
		Cocido	18,55 ^a	0,6 ^a	18,65 ^a	31,60
	INIAP-Pata de Venado	Crudo	14,75 ^{b,c}	0,58 ^a	14,17 ^{b,c}	24,43
		Cocido	17,05 ^{a,b}	0,68 ^a	16,55 ^{a,b}	24,34
	INIAP-Tunkahuan	Crudo	11,92 ^{b,d}	0,21 ^a	11,71 ^{b,d}	55,76
		Cocido	13,15 ^c	0,27 ^a	13,06 ^c	48,37
Amaranto	INIAP-Alegría	Crudo	7,05 ^d	0,49 ^c	6,56 ^d	13,38
		Cocido	11,60 ^c	0,85 ^c	10,75 ^c	12,65
Sangorache	INIAP-Rubí	Crudo	19,97 ^b	1,27 ^b	18,7 ^b	14,72
		Cocido	22,83 ^a	1,38 ^a	21,49 ^a	15,57

Los resultados que poseen letras iguales no son significativamente diferentes
Valores promedios de 3 repeticiones- Prueba de Tukey al 5 %

Fuente: Maldonado, (2013); Palacios, (2013).

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

También cerca del 75 % de la fibra dietética de los granos andinos está presente en forma de fibra insoluble. En el grano desamargado de chocho el contenido varía entre 27,43 a 39,51 %, una menor concentración registra el grano de sangorache cocido (21,49 %), seguido por la quinua (9,72 a 18,75 %) y con un menor aporte el amaranto cocido con 10,75 % de fibra insoluble, como se indica en el Cuadro 1. Lo que permite recomendar su consumo como parte de una dieta y modo de vida saludables, debido a que este tipo de fibra al no solubilizarse en agua otorga al organismo una sensación de saciedad y permite mejorar el tránsito intestinal de los alimentos así como controlar problemas de estreñimiento (Matos & Chambilla, 2010).

Dos estudios (Freskens *et al.*, 1985; Rimm *et al.*, 1996) sugieren que el consumo habitual de fibra insoluble, está asociado con una reducción del riesgo de desarrollar diabetes tipo II y enfermedades cardiovasculares. Desde este punto de vista, el potencial de los granos andinos es enorme, sumado al valor económico que podrían alcanzar como materia prima para la elaboración de suplementos de fibra para el tratamiento del estreñimiento.

En general, los granos andinos son fuente de fibra insoluble, con una mayor concentración en los granos cocidos antes que en los crudos, posiblemente debido a que algunos procesos inducen la formación de compuestos menos digeribles como los complejos almidón-tanino y productos de la reacción de Maillard, los mismos que pasan a formar parte de la fibra insoluble (Peña, 2005).

3.3 Constituyentes importantes de la fibra dietética de los granos andinos

La digestibilidad y fermentabilidad de la fibra dependen tanto de su composición química como de su estructura, que a su vez determina también sus características físico-químicas.

3.3.1 Celulosa

Un aspecto excepcional de la fibra del sangorache desde el punto de vista de la actividad biológica es su alto contenido de celulosa, que representa el 64,59 % de la fibra dietética total. Menor cantidad presenta la fibra del chocho (53,02 %), seguido por la quinua (50,86 %) y el amaranto con 15,62 % (Cuadro 7). La importancia de este componente en la alimentación reside en su insolubilidad e indigestibilidad, lo que estimula los movimientos peristálticos del intestino e influye de forma especial en el tiempo de tránsito de los alimentos por el tracto gastro-intestinal.

Cuadro 7. Composición parcial de la fibra de granos andinos (%)

Especie		Celulosa	Hemicelulosa Tipo a	Hemicelulosa Tipo b	Pentosanos	Sustancias pecticas	Galactanas	Almidón resistente
Chocho	INIAP-450	55,98 ^a	14,4 ^a	0,55 ^a	1,79 ^a	5,06 ^a	0,14 ^d	0,1 ^a
	INIAP-451	53,05 ^{a,d}	11,27 ^a	1,87 ^a	1,86 ^a	5,98 ^a	0,17 ^d	0,1 ^a
	Criollo	50,04 ^d	9,77 ^a	0,47 ^a	1,95 ^a	6,99 ^a	0,31 ^a	0,09 ^a
Quinua	Criolla blanca	47,74 ^a	27,46 ^a	0,69 ^d	2,41 ^b	3,97 ^a	0,12 ^a	0,22 ^a
	Criolla morada	53,5 ^a	24,65 ^a	3,34 ^a	1,65 ^c	3,04 ^a	0,08 ^a	0,14 ^d
	INIAP-Pata de Venado	52,58 ^a	22,05 ^a	0,56 ^d	2,57 ^d	4,09 ^a	0,12 ^a	0,12 ^d
	INIAP-Tunkahuan	49,65 ^a	23,77 ^a	0,47 ^d	3,18 ^a	4,23 ^a	0,11 ^a	0,11 ^d
Amaranto	INIAP - Alegría	15,62 ^d	25,92 ^a	2,1 ^d	11,49 ^a	8,17 ^a	4,04 ^b	0,07 ^d
Sangorache	INIAP-Rubí	64,59 ^a	5,58 ^d	3,74 ^a	11,4 ^a	1,92 ^d	5,08 ^a	0,23 ^a

Los resultados que poseen letras iguales no son significativamente diferentes
Valores promedio de 3 repeticiones - Prueba de Tukey al 5 %
Fuente: Maldonado, (2013); Palacios, (2013)

3.3.2 Hemicelulosa

Es un polisacárido de estructura compleja, menos rígida que la celulosa. En este grupo existen componentes solubles “hemicelulosa b” e insolubles “hemicelulosa a”, (Peña, 2005). Esta última, en la quinua criolla, representa el 27,46 % de la FDT, seguida por el amaranto con 25,92 %. Propiedad que podría ser aprovechada en la elaboración de galletas, que requieren características de sequedad y menos elasticidad. En el chocho y el sangorache la “hemicelulosa a”, constituye el 11,81 y 5,58 % de la FDT.

La fracción soluble, tipificada como “hemicelulosa b” es un heteroglicano que contiene más de una clase de monosacáridos o ácidos urónicos y 5 a 6 azúcares, (García *et al.*, 2008), se presenta en mayor proporción en la fibra del sangorache con 3,74 %, seguido por la fibra de la quinua, criolla morada con 3,34 %, materiales que se proyectan como productos aprovechables en la elaboración de masas para bollería, por su capacidad de ligar agua e incrementar la viscosidad.

3.3.3 Pentosanos

Son arabinosilanos solubles en agua, que se presentan en mayor concentración en la fibra del amaranto (11,49 %) y el sangorache (11,4 %). Estos resultados sugieren que la fibra de estas especies puede ayudar a evitar el cáncer de colon y reducir el riesgo de la enfermedad vascular, por su capacidad para ligar agua e incrementarla viscosidad (Matos y Chambilla, 2010).

3.3.4 Sustancias pécticas

La fibra del chocho, quinua y amaranto presenta un mayor contenido de sustancias pécticas, con 6,01 %; 3,83 % y 8,17 % de la FDT, componente que confiere a estos granos una mayor resistencia a la rotura y según Mataix & Gasull, (2008) puede ayudar en la reducción del colesterol sanguíneo. La fibra del sangorache contiene una menor concentración (1,92 %), lo que incidirá en su menor capacidad para solubilizarse en agua caliente y formar geles cuando es sometida a cocción.

3.3.5 Galactanas

Las galactanas se encuentran en mayor concentración en el sangorache (5,08 %) y el amaranto (4,04 %); mientras que en el chocho alcanza un promedio de 0,31 % y en la quinua 0,10 %.

3.3.6 Almidón resistente

La fibra del sangorache presenta el mayor contenido de este polisacárido (0,23%), con relación a los otros granos, posiblemente debido a un mayor contenido de almidón cristalino en esta especie (Mataix & Gasull, 2008).

3.4 Propiedades Físico-químicas de la fibra dietética

La aplicación tecnológica de la fibra dietética en la industria alimenticia para la elaboración de diferentes productos depende de sus propiedades físico-químicas.

3.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA)

El Cuadro 8, muestra que las fibras de las variedades de chocho INIAP-451 y criollo, presentan una mayor capacidad de retención de agua (6,08 y 5,96 g agua/g muestra), este nivel es similar al que presenta la fibra del café (5,8 g agua/g MS). Sin embargo, los valores mencionados aún se consideran bajos, ya que según Abarca, (2010) una CRA, se considera alta, cuando alcanza niveles entre 10-12 g agua/g MS.

Las fibras de la quinua también tienen una baja capacidad de retención de agua, atribuible a su mayor contenido de “hemicelulosa a”, cuyos enlaces intermoleculares retienen poca agua. Entre las especies analizadas, las fibras del amaranto y del sangorache, presentan la menor capacidad de retención de agua, lo que guarda relación con la composición de la pared celular rica en celulosa, componente que se hincha pero no se disuelve en agua ni en la mayoría de disolventes. Los valores registrados para el amaranto (2,48 g agua/g MS) y el sangorache (2,15 g agua/g MS) son similares a los reportados para manzana (1,6 g agua/g MS) y naranja (1,65 g agua/g MS).

Esta propiedad tiene un enorme beneficio para el consumidor, ya que ayuda a diluir la concentración de agentes cancerígenos (García *et al.*, 2008). En la industria de alimentos, es útil en la elaboración de productos horneados para lograr un efecto de frescura y suavidad (Matos & Chambilla, 2010).

Cuadro 8. Propiedades físico-químicas de la fibra de granos andinos

Especie		Índice de absorción de agua	Poder de hinchamiento	Capacidad de retención de agua	Capacidad de retención de moléculas orgánicas	Intercambio catiónico
		g/g muestra			(g aceite/g muestra)	(mEq)/ g muestra
Chocho	INIAP-450	7,71 ^a	8,26 ^a	4,24 ^b	1,32 ^b	0,18 ^a
	INIAP-451	7,94 ^a	8,36 ^a	6,08 ^a	1,86 ^a	0,19 ^a
	Criollo	4,89 ^b	5,13 ^b	5,96 ^a	1,51 ^b	0,16 ^a
	Criolla Blanca	5,90 ^{a,b}	7,75 ^a	3,14 ^b	1,68 ^b	0,29 ^a
Quinua	Criolla Morada	6,42 ^a	6,96 ^{a,b}	4,1 ^a	1,62 ^b	0,12 ^{b,c}
	INIAP-Pata de venado	5,52 ^{a,b}	6,26 ^b	3,04 ^b	1,54 ^b	0,17 ^{a,b}
	INIAP-Tunkahuan	4,86 ^b	6,3 ^b	4,08 ^a	2,05 ^a	0,032 ^c
Amaranto	INIAP-Alegria	3,03 ^a	3,08 ^a	2,48 ^a	1,74 ^a	0,35 ^a
Sangorache	INIAP-Rubí	2,88 ^a	2,91 ^a	2,15 ^a	1,36 ^a	0,34 ^a

Los resultados que poseen letras iguales no son significativamente diferentes
Valores promedio de 3 repeticiones - Prueba de Tukey al 5 %
Fuente: Maldonado, (2013); Palacios, (2013).

3.4.2 Poder de hinchamiento

Las dos variedades mejoradas de chocho, presentan un mayor poder de hinchamiento (7,71 y 7,94 g agua/g muestra), con relación al amaranto y sangorache, posiblemente debido a su contenido de celulosa, componente insoluble en agua e indigerible por las enzimas del intestino humano.

En general, la fibra del chocho presenta mejores propiedades de hidratación que la fibra de la quinua, amaranto y sangorache, lo que influirá en su capacidad para formar soluciones viscosas y efectividad para aumentar la masa fecal (Mataix & Gasull, 2008; Matos & Chambilla, 2010).

3.4.3 Capacidad de retención de moléculas orgánicas

La fibra de la quinua, variedad Tunkahuan presenta una mayor capacidad de retención de moléculas orgánicas (2,05 g aceite/g fibra), lo que según Cruz, (2002), depende de la composición química, el tamaño y el área de las partículas de fibra. Teóricamente las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa, la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. En el caso del chocho, variedad INIAP-451 y la quinua variedad Tunkahuan, su capacidad para retener moléculas orgánicas puede estar relacionada con el mayor contenido de hemicelulosa “b”, ya que según Cruz, (2002), las fibras insolubles absorben mayor cantidad de grasa que las solubles. La fibra de la variedad de chocho INIAP-450, presenta la menor capacidad de retención de aceite (1,32 g aceite/g muestra), similar al reportado para otras fuentes de fibra como manzana y limón fino (0,95g/g y 1.48g/g respectivamente) (Figuero *et al.*, 2005).

La importancia de esta propiedad en los granos andinos, radica en el efecto fisiológico en el organismo, evitando que las enzimas digestivas puedan degradar los compuestos orgánicos y que sean absorbidos a través de la mucosa intestinal, lo que se traduce en una disminución del colesterol y el índice glicémico. En la industria alimentaria, la capacidad de retención de aceite es aprovechable en el procesamiento de alimentos que requieren jugosidad y textura suave, (Matos & Chambilla, 2010).

3.4.4 Capacidad de intercambio catiónico (Cic)

Las fibras del amaranto y el sangorache, presentan mayor Cic (0,35 y 0,34mEq/ g), lo que podría guardar relación con el mayor contenido de pentosanos y galactanas. La fibra de la quinua muestra una menor Cic, resaltada en la variedad Tunkahuan con 0,03 mEq/100 g. En general esta propiedad funcional, en los granos andinos, es comparable a la reportada para hortalizas (0,5 mEq/g) e inferior a la mayoría de los cereales (3.2 meqH+/g) (Ramírez & Pacheco, 2009), lo que representa una ventaja desde el punto de vista nutricional, debido a la menor capacidad de la fibra de estos granos para absorber minerales e inducir un desequilibrio en el consumidor.

3.5 Capacidad antioxidante hidrofílica de la fibra de granos andinos

El concepto de fibra antioxidante se refiere a aquella materia prima con un elevado porcentaje de fibra dietética y cantidades apreciables de antioxidantes naturales asociados a la matriz del conjunto de compuestos no digeribles. Los granos andinos, presentan en su

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

composición un porcentaje importante de fibra dietética así como una alta capacidad antioxidante en el caso de la variedad de quinua “criolla morada” con 367,86 $\mu\text{MTrolox/g}$, valor mayor al extracto de té verde (141 $\mu\text{MolesTrolox/g}$) pero menor al extracto de frutilla con 535 $\mu\text{MTrolox/g}$. Al respecto, Anguera (2007), señala que una parte de los compuestos bioactivos presentes en los granos, ya sean antioxidantes o no, están asociados a los componentes de la fibra dietética, como consecuencia de la habilidad de algunos de ellos para formar complejos con proteínas y polisacáridos. Concretamente, en el caso de los polifenoles, una parte considerable de ellos puede estar asociada a la fracción de fibra insoluble, principalmente los compuestos de mayor grado de polimerización como taninos condensados (proantocianidinas) y taninos hidrolizables. Mientras que asociados a la fracción de fibra soluble, pueden estar los polifenoles de menor peso molecular tales como algunos flavonoides, ácidos fenólicos, dímeros y trímeros de proantocianidina. Desde el punto de vista nutricional, es importante tener en cuenta esta asociación entre polifenoles y componentes de la fibra, ya que los compuestos asociados a la fibra pueden ser responsables de algunos de los beneficios que tradicionalmente se han atribuido a la fibra dietética.

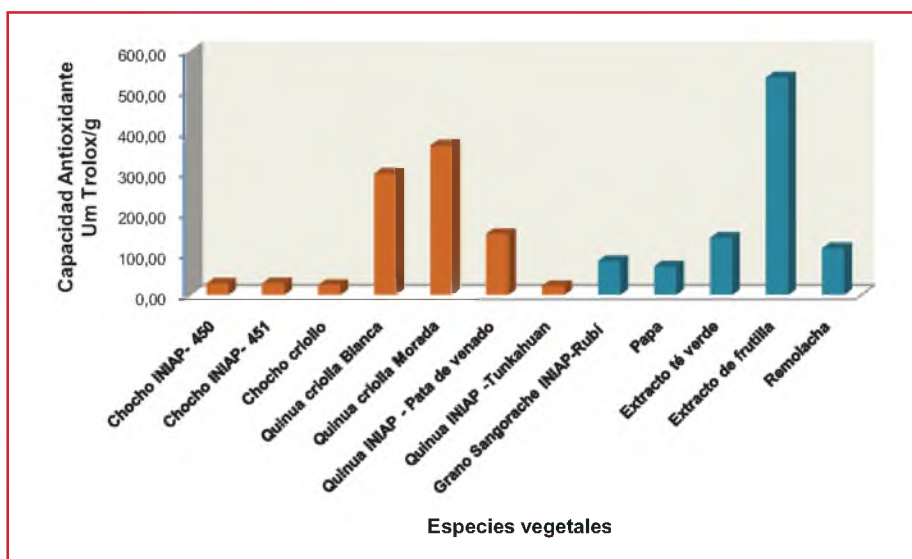


Figura 9. Capacidad antioxidante hidrofílica ($\mu\text{MTrolox/g}$) de la fibra de granos andinos, comparada con otras especies vegetales

4. Conclusiones

El mayor contenido de fibra dietética se registró en la variedad INIAP-450 en estado crudo 33 % y 41,15 % en el grano desamargado; seguido del sangorache INIAP- Rubí (18,05 % en grano crudo y 23,33 % en cocido) y en menor proporción en la quinua “Criolla blanca” con 7,30 % en el grano crudo y 9,72 % en el grano cocido.

La fibra dietética soluble se encuentra en menor cantidad en los granos andinos, la especie con mayor contenido de este tipo de fibra es el chocho (1,82 a 4,66 %), mientras que en la quinua los valores fluctuaron entre 0,20 a 0,68 %; por el contrario la fibra insoluble presenta contenidos mayores, en el grano de chocho desamargado, con valores variables entre 27,43 a 39,51 %, seguido del grano de sangorache cocido (21,49 %), las variedades de quinua (9,72 a 18,75 %) y con un menor aporte el amaranto cocido con 10,75 %.

La relación 3:1 entre fibra soluble e insoluble que más se aproxima a esta proporción se encuentra en el grano de chocho crudo INIAP-451 y criollo con una relación de 5,05 y 4,74 respectivamente, lo que sugiere utilizar estos granos como ingredientes alimentarios o suplementos alimenticios.

La composición de la fibra dietética, revela un mayor contenido de celulosa sobre todo en el sangorache (64,59 %), seguido del chocho (53,02 %), la quinua (50,86 %) y el amaranto con 15,62 %. También la hemicelulosa de tipo “a” se encuentra presente sobre todo en la quinua criolla 27,46 % y el amaranto con 25,92 %.

La determinación de las propiedades físicas permite predecir el comportamiento de la fibra alimentaria en el organismo; la mayor capacidad de retención de agua se alcanza en la variedad de chocho INIAP-451 y criollo (6,08 y 5,96 g agua/g muestra), al igual que el poder de hinchamiento que es mayor en las 2 variedades de chocho mejoradas (7,71 y 7,94 g agua/g muestra) en relación a los granos de quinua, amaranto y sangorache.

La capacidad de retención de moléculas orgánicas es mayor en la fibra de quinua INIAP-Tunkahuan (2,05 g aceite/g fibra), seguido de la variedad de chocho INIAP-451 (1,86 g aceite/g fibra), esto puede guardar relación por el alto contenido de hemicelulosa “b”. Sin embargo la capacidad de intercambio catiónico es mayor en las fibras de amaranto y sangorache (0,35 y 0,34 mEq/ g), lo que podría guardar relación con el mayor contenido de galactanas y pentosanos.

Los granos andinos presentaron una alta capacidad antioxidante, expresada en la variedad de quinua criolla morada con 367,86 uMTrolox/g, razón por la cual se puede atribuir a este tipo de granos propiedades antioxidantes y puedan ser usados como ingredientes funcionales en la formulación de alimentos.

Las características funcionales derivadas del contenido en fibra como las derivadas de su capacidad antioxidante, orientan la utilización de la fibra de los granos andinos como ingrediente en alimentos funcionales. Especialmente la fibra de la quinua presenta un alto potencial a nivel tecnológico y de la salud para el desarrollo de innumerables aplicaciones en productos como: alimentos enriquecidos, dietéticos y farmacéuticos, atribuible a su capacidad de reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, digestivas, etc.; propiedades que podrían elevar aún más el valor añadido del grano.

Glosario de Términos

Almidón resistente: constituye la suma de almidón y de los productos procedentes de la degradación del almidón que no son digeridos en el intestino de los individuos sanos y sufren fermentación en el colon. Sin embargo, una pequeña proporción escapa a la degradación y es eliminada por las heces. El almidón resistente no se hidroliza en la etapa de la digestión humana, debido a que las enzimas digestivas no son capaces de penetrar el polímero lineal de amilosa que se encuentra en este tipo de almidón con alto contenido de amilosa.

Capacidad de Retención de Agua (CRA): expresa la máxima cantidad de agua que

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

puede ser retenida por gramo de material seco, en presencia de un exceso de agua bajo la acción de una fuerza patrón. De esta propiedad depende el efecto fisiológico de la fibra y el nivel máximo de incorporación a un alimento.

Capacidad de retención de moléculas orgánicas: - evalúa la capacidad de la fibra para unirse a un gran número de compuestos orgánicos tales como sales biliares, colesterol u otras grasas, carbohidratos, proteínas e incluso sustancias cancerígenas. Se determina en función de la máxima cantidad de aceite, en gramos, que puede ser retenida por gramo de material seco en presencia de un exceso de aceite bajo la acción de una fuerza.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC):- propiedad ligada a la absorción de minerales, depende fundamentalmente del medio en el que se encuentran las fibras (fuerza iónica, pH).

Celulosa:- polímero lineal no ramificado de alto peso molecular formado por unidades de D-glucosa unidas por enlaces β (1-4); es muy higroscópico, se hincha pero no se disuelve en agua ni en la mayoría de los disolventes.

Fibra:- fracción de la pared celular de las plantas, resistente a la hidrólisis por las enzimas digestivas del ser humano, capaz de absorber agua.

Fibra dietética:- representa el contenido total de los polisacáridos presentes en la fibra.

Fibra dietética funcional:- comprende los hidratos de carbono resistentes a la digestión de las enzimas del tracto intestinal humano, como el almidón resistente, la inulina, diversos oligosacáridos (fructooligosacáridos, galactooligosacáridos y xilooligosacáridos) y disacáridos como la lactulosa.

Fibra total:- suma de fibra dietética y fibra funcional; contiene componentes fisiológicamente activos.

Fibra insoluble (FI):- compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina este tipo de fibra aumenta el volumen de las heces hasta 20 veces su peso, debido a su capacidad de retención de agua, y se relaciona con la protección y alivio de algunos trastornos digestivos como estreñimiento y constipación.

Fibra soluble (FS):- formada por polisacáridos no celulósicos como la pectina, gomas, algunas hemicelulosas (arabinoxilanos y arabinogalactanos) y mucilagos; forma geles viscosos en el tracto gastrointestinal, que tienen la propiedad de retardar la evacuación gástrica.

Galactanas:- componentes minoritarios de la pectina, forman cadenas laterales constituidas por residuos de galactosa enlazadas de manera alternada en enlaces β (1-4). Poseen propiedades físicas que han permitido el desarrollo de la industria de

gelificantes.

Poder de hinchamiento:- Mide la entrada de agua entre las macromoléculas que se expanden hasta que son completamente extendidas y dispersadas.

Sustancias pécticas.- polisacáridos ricos en ácido galacturónico y en menor medida, ramnosa, arabinosa y galactosa. Pueden ser determinadas en forma de pectato de calcio, que resulta de la unión de la pectina con el calcio; se encuentra en la lámina media de la pared celular vegetal, formando geles rígidos e insolubles. Tiene amplio uso en la industria de alimentos como agente gelificante, espesante y agente que ayuda a mantener ciertas suspensiones.

Bibliografía

AACC (32-05.01). 2001. *Approved Methods of the AACC*, American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Mnn.

Abarca, D. 2010. Identificación de fibra dietaria en residuos de cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad complejo nacional por trinitario. Escuela de Ingeniería en Industrias Agropecuarias área biológica. Universidad Técnica Particular de Loja, Loja –Ecuador. 120 p.

Aguilera, M; Reza, M; Chew, R; Meza, A. 2011. Propiedades Funcionales de las Antocianinas. Revista de Ciencias Biológicas de la Salud. Durango, México. Consultado el 15 de junio de 2013. Disponible en www.biotecnia.uson.mx.

Andersonn, Y; Helund, B; Jonsson, L. y Svensson, S. 1969. Extrusion cooking of a high-fiber cereal product with crispbread character, *Cereal Chemistry*, 58 (5).

Anguera, A. 2007. Efectos de la fibra soluble de cáscaras de *Plantagoovata* sobre factores lipídicos de riesgo cardiovascular. Tesis doctoral en Nutrición y Metabolismo, unidad de lípidos y arteriosclerosis. Reus, España. Facultad de Medicina y ciencias de la Salud. Departamento de Medicina y Cirugía. Universidad Rovira I, Virgili. pp. 205.

AOAC (985.29).1984. *Official Methods of Analysis*, 14ava. Edición, Association of Official Analytical Chemistry, Washington, Inc. Arlington.

Ávalos, A y Pérez, E. 2009. Metabolismo Secundario de Plantas. Re-educar (Biología). Serie Fisiología Vegetal. Universidad Complutense de Madrid. Vol. 2 (3). Madrid, España. pp. 119-145.

Baixauli, R. 2007. Influencia de la adición de un ingrediente funcional en la calidad de un producto de Bollería. Aspectos reológicos y texturales y su relación con la aceptación sensorial. Tesis doctoral. Valencia, Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Universidad Politécnica de Valencia. España.

Botanical online. 2013. Catequinas Flavonoides del té verde. Revista el Mundo de las

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

- plantas. Consultado el 25 de junio de 2013. Disponible en www.botanical-online.com
- Botanical online. 2013. Propiedades de los amargos. Revista el Mundo de las plantas. Consultado el 18 de junio de 2013. Disponible en www.botanical-online.com
- Brown, J. 2008. Nutrición en las diferentes etapas de la vida. México, D.F. Mc Graw-Hill Interamericana editores, S.A. pp. 283, 319.
- Boulton, R. 1999. El fenómeno de copigmentación en los vinos tintos. Seminario Internacional hacia la Enología del Siglo XXI. 3 al 7 de mayo de 1999. FCA (UNCuyo) – EEA, Mendoza INTA. pp. 2-6.
- Bruneton, J. 1991. Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp. 594.
- Carretero, M. 2000. Compuestos Fenólicos: Taninos. Revista Panorama Actual de la Medicina. Vol 4. pp. 633-636.
- Córdoba, A. 2005. Caracterización de Propiedades Relacionadas con la Textura de Suspensiones de Fibras Alimentarias. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Tecnología de alimentos. Valencia, España. pp. 205.
- Cruz, M. 2002. Caracterización fisicoquímica, fisiológica y funcional de residuos fibrosos de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). Tesis para obtener el grado de Ingeniero químico. México. Facultad de Ingeniería Química Universidad Autónoma de Yucatán. pp. 156.
- Escudero, E y González, P. 2006. La fibra dietética. Unidad de Dietética y Nutrición (Supl. 2). Hospital La Fuenfría. España. pp. 61-72.
- Freskens, E; Virtanen, S; Rasanen, L; Tuomilehto, J; Stengard, J; Pekkanen, A; Nissinen, T y Krombout, T. 1985. Dietary factors determining diabetes and impaired glucose tolerance a 20 year follow-up of the Finnish and Dutch cohorts of the seven countries study. Diabetes Care 18: 1104-12.
- Figuerola, F; Hurtado, M; Estevez, A; Chiffelle, I; Asenjo, F. 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry* vol. 91, pp. 395 -401.
- García, E; Benito, R. y Rivera, C. 2008. Hacia una definición de la fibra alimentaria. Escuela de Nutrición. Facultad de Medicina. Universidad Central de Venezuela. Vol 21. (1); pp. 25-30.
- Gil, A. 2010. Tratado de Nutrición - tomo II Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos (2 ed.). Madrid, España. Editorial Médica Panamericana.
- Guapi, J. 2013. Caracterización bromatológica y fitoquímica de los granos y hojas del chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), Amaranto (*Amaranthus caudatus L.*) y Sangorache (*Amaranthus hybridus L.*). Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial (en imprenta). Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.

Henández-Unzón, Gallardo-Navarro. 2002. Composición parcial de polisacáridos de las fibras de chayote, brócoli y mamey. En: temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra dietética. Editado por Lajolo M. y Wenzel E. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México. pp. 43-53.

Lock, O. 1988. Investigación Fitoquímica. Métodos para el estudio de productos naturales. Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú. pp. 3-211.

López, M. 2001. Saponósidos - Fitoterapia. OFFARM-ELSEVIER. Consultado el 18 de junio de 2013. Disponible en www.defarmacia.com. pp. 124-128.

Llerena, A. 2011. Importancia de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. Tercer Congreso Latinoamericano de Agroecología. Oaxtepec, Morelos, México.

Maldonado, J. 2013. Determinación de la composición parcial de polisacáridos y propiedades físico-químicas de la fibra dietética del amaranto y sangorache. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero de Alimentos (en imprenta). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.

Martínez, S; González, J; Culbras, J y Tuñón, M. 2002. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. Revista Nutrición Hospitalaria. Vol 17 (6). pp. 271-278.

Mataix, J y Gasull, M. 2008. Fibra Alimentaria. Consultado el 05 de julio de 2013. Disponible en www.uco.es/master_nutricion/nb/Mataix/fibra.pdf. pp. 120-135.

Matos, A y Chambilla, E. 2010. Importancia de la Fibra Dietética, sus propiedades funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria. Revista investigación ciencia y tecnología de alimentos. Vol 1 (Nº1) Universidad Peruana Unión. Perú. pp. 4-17.

McConnell, AA; Eastwood, MA y Mitchel, WD. 1974. Physical Characteristics of vegetables foodstuffs that could influence bowel function, *J. Sci. Food Agric.*, 25 (7).

Mendoza, E y Calvo, M. 2012. Toxicología de los Alimentos. Mc Graw-Hill Interamericana Editores. pp. 378-386, 397-417.

Miranda, M. 2012. Manual de tamizaje fitoquímico. Curso teórico práctico “Productos naturales con interés agrícola y farmacológico”. Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador. CIBE-ESPOL, Guayaquil, pp. 10.

Molina, M y Paz, M. 2007. La fibra dietética procesada como alimento funcional. Escuela Andaluza de Salud Pública. Consejería de Salud. Junta de Andalucía. Granada. CSIC. Estación Experimental del Zaldón. Granada. pp. 70-77.

Muzquiz, M; Pedrosa, M; Varela, J; Guillamon, E; Goyoaga, C; Cuadrado, C y Burbano, C. 2006. Factores no-nutritivos en Fuentes Proteicas de Origen Vegetal. Su Implicación en Nutrición y Salud. Brazilian Journal of Food Technology III JIPCA. Rio de Janeiro, Brazil.

Palacios, C. 2013. Determinación de la composición parcial de polisacáridos, propiedades físico-químicas y actividad antioxidante de la fibra dietética del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. (en imprenta). Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba,

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

Ecuador.

Peña, M. 2005. Cereales y derivados, en: Alimentos Composición y Propiedades. A. Achia y J. A. Martínez (Eds.), México Mc Graw -Hill – Interamericana. pp. 141.

Priego, M. 2007. Obtención de fibra dietética a partir de sáculos de naranja aplicando un tratamiento con vapor. Tesis para optar por el título de Ingeniero en Alimentos. Huajuapán de León. México. Universidad Tecnológica de la Mixteca. pp. 64.

Prosky, L; N, Asp, J; Schweizer y De Vries.1988. Determination of Insoluble, soluble and total fiber in foods and foods products: Inter-laboratory study. J. Assoc. Anal. Chem.,

Ramírez, R. y López, J. 2010. Alimentos funcionales. Editorial Trillas. México, D.F. pp. 113-137.

Ramírez, A y Pacheco, E. 2009. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba, y guanábana. Interciencia vol. 34 N° 4, pp. 293-298.

Rimm, E; Ascherio, E; Giovannucci, D, Siegelman, M; Stampfer, W y Willett, C. 1996. Vegetable, fruit and cereal fibre intake and risk of coronary heart disease among men. J. Am. Med. Assoc.275: 44-451.

Sánchez, B. 2005. Caracterización Físicoquímica y funcional de la fibra dietética del Fruto del Níspero y de Cascara de mango Obo. Tesis para optar por el grado de Ingeniero en alimentos. Huajuapán de León. México. Universidad Tecnológica de Mixteca.

Ross, I. 2010. Medicinal Plants of the world. Humana Press Inc. Totowa, New Jersey. pp. 475

Saura Calixto, F. 1993. Fibra dietética de manzana: Hacia nuevos tipos de fibras de alta calidad, *Alimentaria*.

Tamayo, Y y Bermúdez, A. 1998. Los residuos vegetales del jugo de naranja como fuente de fibra dietética. En: temas de Tecnología de Alimentos. Vol. 2. Fibra dietética. Editado por Lajolo M. y Wenzel E. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México. pp. 181-189.

Valle, C. 2008. Metabolitos secundarios de las plantas. Escuela superior de Técnicas y Estudios Avanzados. Barcelona, España. pp. 220.

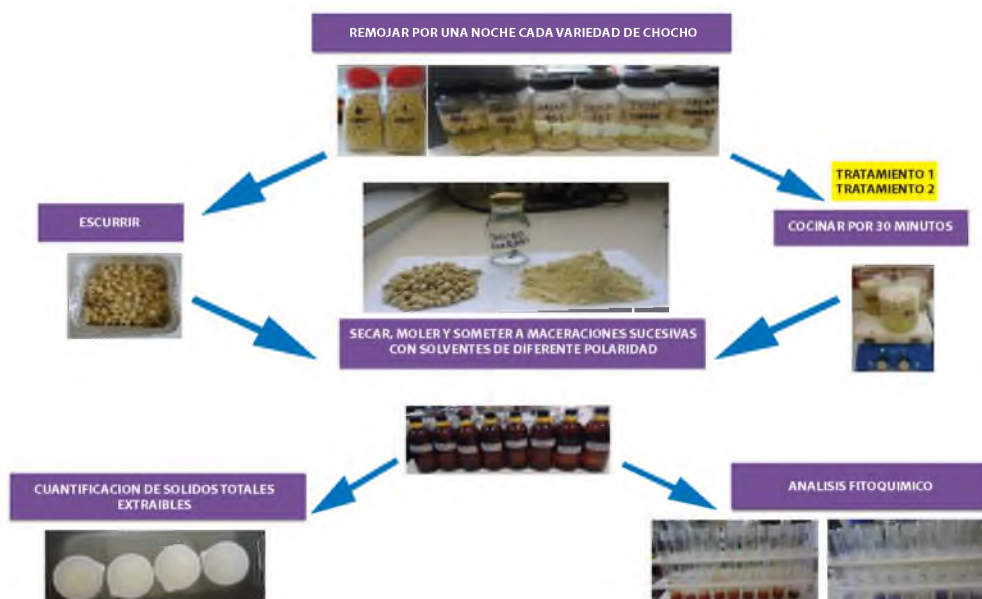
Villacrés, E; Peralta, E; Cuadrado, L; Revelo, J; Abdo, S. y Aldaz, R. 2008. Propiedades y Aplicaciones de los Alcaloides del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). INIAP-ESPOCH-SENACYT. Editorial Grafistas. Quito, Ecuador. pp. 6-17.

Zambrano, Z; De la Luz, M; Hernández, A. Gallardo, Y. 1998. Caracterización físico-química del Nopal. En: temas de Tecnología de alimentos. Vol. 2. Fibra dietética. Editado por Lajolo M. y Wenzel E. CYTED. Instituto Politécnico Nacional, México. pp. 29-41.

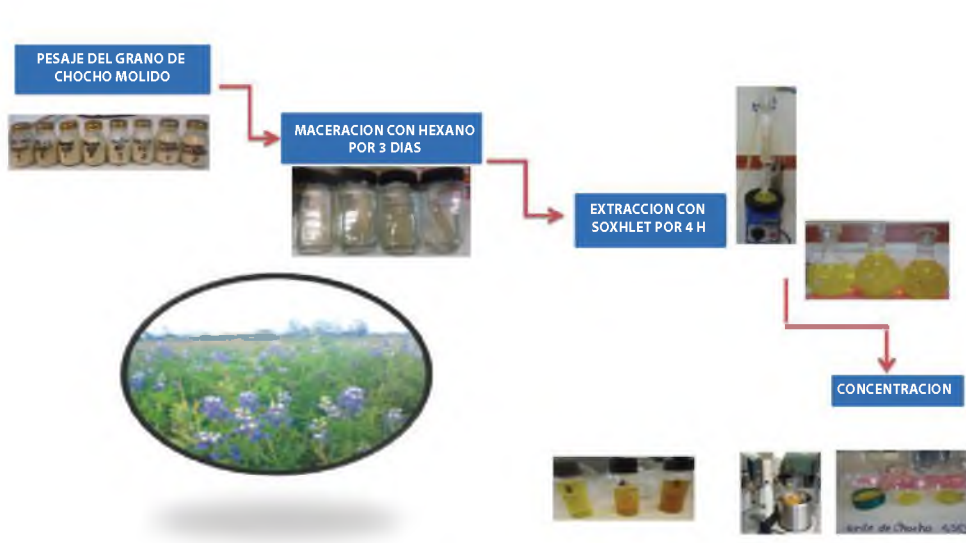
Zúñiga, M. 2005. Caracterización de la Fibra Dietética en Orujo y Capacidad Antioxidante en vino, hollejo y semilla de uva. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. pp. 58

ANEXOS

Anexo 1. Tamizaje fitoquímico del chocho procesado



Anexo 2. Extracción de aceite del chocho



Anexo 3. Métodos de análisis

Fibra dietética total (Método AACC 32-05.01 y método AOAC 985.29)

Principio

Las muestras se cocinan a 100 °C con calor estable α -amilasa para dar gelatinización, hidrólisis y despolimerización del almidón; se incuban a 60 °C con proteasa (Para solubilizar proteínas y despolimerizar) y amiloglucosidasa (para hidrolizar fragmentos de almidón en glucosa). Posteriormente se trata con cuatro volúmenes de etanol para precipitar la fibra soluble y eliminar el despolimerizado de las proteínas y glucosa (a partir de almidón). El residuo se filtra; y se lava con 78% de etanol, 95% de etanol y acetona. Finalmente se seca y se pesa.

MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS
<ul style="list-style-type: none">• Vasos de precipitación.• Crisol para filtración• Lana de vidrio• Matraz para filtrar.• Goma adaptadores de anillo para uso en el frasco de succión.• Bomba de vacío.• Desecador• Medidor de pH• Pipetas y puntas de 50- 200 μl y 5 ml de capacidad.• Horno mufla, 525 \pm 5°C.	<ul style="list-style-type: none">• Etanol 95%.• Etanol 78%. Colocar 201 ml de agua en un matraz de 1l, diluir con etanol al 95%. Mezclar.• Acetona• Tampón fosfato, 0,08 M, pH 6,00. Disolver 1,400 g de fosfato de sodio anhidro (Na₂HPO₄) (o 1,753 g de dihidrato) y 9,68 g de Na fosfato monobásico monohidrato (NaH₂PO₄) (o 10,94 g dihidrato) en aproximadamente 700 ml de agua destilada. Diluir hasta 1 l con agua.• Solución de hidróxido de sodio, 0,275 N. Disolver 11,00 g de calidad ACS NaOH en agua destilada 700 ml aproximadamente, Enfriar y diluir con un agua.• Solución de ácido clorhídrico, 0,325 N. Diluir 325 ml de 1,0 N HCl a 1 L con agua.

Procedimiento:

- Ejecutar un blanco a través de todo el procedimiento junto con las muestras para medir cualquier contribución de los reactivos al residuo.
- Pesar las muestras de 1 g con precisión de 0,1 mg. Añadir 50 ml de tampón fosfato (pH 6,0) a cada vaso; medir el pH, ajustar el pH a 6,0 \pm 0,1.
- Añadir 50 μ l de la solución de α -amilasa.
- Cubrir con papel de aluminio el vaso y colocar en baño de agua hirviendo durante 15 minutos. Agitar suavemente a intervalos de 5 min.
- Enfriar las soluciones a temperatura ambiente.
- Ajustar el pH a 7,5 \pm 0,1 mediante la adición de 10 ml de solución de NaOH 0,275 N.
- Verificar el pH con un medidor de pH.
- Cubrir con papel de aluminio los vasos de precipitados e incubar a 60 °C con agitación continua durante 30 min.
- Enfriar y añadir 10 ml de solución de HCl 0,325 N para ajustar el pH a 4,5 \pm 0,2.

- Añadir 200 ul de amiloglucosidasa, cubrir con papel de aluminio, e incubar 30 min a 60 °C con agitación continua.
- Añadir 280 ml de etanol al 95% precalentado a 60 °C; ver la formación de un precipitado a temperatura ambiente durante 60 min.
- Pesar la lana y el crisol que contiene una precisión de 0,1 mg, distribuir la lana en crisol mediante el uso de corriente de 78% etanol de la botella de lavado.
- Lave el residuo sucesivamente con tres porciones de 20 ml de 78% de etanol, dos porciones de 10 ml de etanol al 95%, y dos porciones de 10 ml de acetona.
- Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en 70 °C horno de vacío o 105 ° C horno de aire.
- Enfriar en desecador y pesar con precisión de 0,1 mg. Sustraer peso del crisol y de la lana para determinar el peso del residuo.
- Incinerar el residuo durante 5 horas a 525 °C. Enfriar en desecador y pesar hasta 0,1 mg. Restar los pesos del crisol y la lana.

Cálculos

$$\text{Ceniza} = \frac{P_{\text{incinerado}} - (P_{\text{crisol, lana}})}{P_{\text{muestra}}} * 100$$

$$\text{FDT} = \frac{P_{\text{crisol, lana, muestra}} - (P_{\text{incinerado}})}{P_{\text{muestra}}}$$

$$\text{FDT}_{\text{corregida}} = \text{FDT} - \text{Ceniza}$$

Fibra Dietética Soluble

- Añadir 320 ml de etanol al 95 % precalentado a 60 °C.
- Se forma el precipitado (1 hora a Temperatura ambiente).
- Pesar y tarar el crisol más la lana de vidrio.
- Filtrar la muestra por digestión.
- Lavar el residuo filtrado con 20 ml de Etanol al 78 % (3 veces); 10 ml de Etanol al 95 % (2 veces) y 10 ml con Acetona (2 veces).
- Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en 70 °C.
- Enfriar en desecador y pesar con precisión de 0,1 mg. Sustraer peso del crisol y de la lana para determinar el peso del residuo.
- Incinerar el residuo durante 5 horas a 525 ° C. Enfriar en desecador y pesar hasta 0,1 mg. Reste los pesos del crisol y la lana.
- Calcular el contenido de fibra soluble.

Cálculos

$$\text{Ceniza} = \frac{\text{Pincinerado} - (\text{Pcrisol, lana})}{\text{Pmuestra}} * 100$$

$$\text{FDT} = \frac{\text{Pcrisol, lana, muestra} - (\text{Pincinerado})}{\text{Pmuestra}}$$

$$\text{FDT corregida} = \text{FDT} - \text{Ceniza}$$

Almidón Resistente (Saura-Calixto *et al.*, 1993)

Fundamento

Tras el aislamiento de la fracción de fibra insoluble, mediante este método se puede cuantificar el almidón resistente asociado a dicha fracción y que puede ser cuantificada.

Materiales y Equipos

Para la obtención de la Fibra Insoluble	Para la determinación de almidón resistente
<ul style="list-style-type: none">• Tampón fosfato 0,08 M pH 6.• NaOH 0,275 N.• HCl 0,325 N.• α-amilasa termoestable (Sigma A-3306).• Amiglucosidasa de <i>Aspergillus niger</i> (Sigma A-8913).• Proteasa de <i>Bacillus</i> (Sigma P-3910). Disolver 50 mg de proteasa en 1 ml de tampón fosfato. Preparar justo antes de usarla.• Etanol 96%.• Acetona.	<ul style="list-style-type: none">• KOH 4 M.• HCl 2 M.• Tampón acetato sódico 0,4 M, pH 4,75 conteniendo CaCl₂ 20 mM.• Glucosa anhidra.

Procedimiento

- Pesar 100 mg de muestra en los tubos de centrifuga de 50 ml de capacidad. Añadir 10 ml de tampón fosfato 0,08 N y ajustar a pH 6.
- Añadir 10 μ l de μ -amilasa termoestable y mezclar. Incubar en baño a 100°C durante 30 min con agitación constante.
- Enfriar a temperatura ambiente. Añadir 2 ml de NaOH 0,275 N y ajustar a pH 7,5.
- Añadir 100 μ l de solución de proteasa preparada justo antes de usarla. Incubar en baño con agitación a 60°C durante 30 min.
- Enfriar a temperatura ambiente. Añadir 2 ml de HCl 0,325 N y ajustar a pH 4,5.
- Añadir 60 μ l de amiglucosidasa de Sigma. Mezclar e incubar en baño con agitación constante a 60°C durante 30 min.
- Centrifugar a 3000 rpm durante 15 min, eliminando los sobrenadantes. Lavar los residuos con 10 ml de agua destilada, 10 ml de etanol del 96 % y 10 ml de acetona, centrifugando y eliminando los sobrenadantes en cada ocasión.

- Añadir 3 ml de agua destilada sobre los residuos y dispersar. Añadir 3 ml de KOH 4 M y agitar vigorosamente durante 30 min, en un baño con agitación a temperatura ambiente, manteniendo los tubos en posición horizontal.
- Añadir aprox. 5,5 ml HCl 2 N y 3 ml de tampón acetato sódico 0,4 M. Ajustar a pH 4,75.
- Añadir 60 µl de amiglucoasidasa incubar a 60 °C durante 30 min en baño con agitación.
- Centrifugar a 3000 rpm durante 15 min, recogiendo los sobrenadantes en matraces aforados. Lavar los residuos con 100 ml de agua destilada al menos una vez.

Anexo 4. Separación de los componentes de la fibra Hernández-Unzón y Gallardo-Navarro (2002)

Celulosa

- Pesar 20 gr de muestra.
 - Añadir alcohol al 80% hasta que cubra la muestra.
 - Filtrar.
 - Añadir NaOH al 0,4% y hervir por 3 horas.
 - Centrifugar.
 - Separar el sobrenadante y el residuo
 - El residuo liofilizar.
 - Pesar
-

Hemicelulosa

Hemicelulosa a

- El sobrenadante acidificar con ácido acético 50% pH 4,5.
- Separar el precipitado y el sobrenadante.
- Secar y pesar el precipitado.

Hemicelulosa b

- El sobrenadante, precipitar con alcohol.
- Secar y pesar

Pentosanas

- Pesar 20 g de muestra.
- Añadir alcohol hasta que cubra la muestra.
- Precipitar con Na₂CO₃ pH 7,0.
- Separar el sobrenadante y el residuo.
- Concentrar el sobrenadante a sequedad.
- Disolver en agua destilada.
- Secar y pesar.

Galactanas

- Al residuo añadir metanol.
- Disolver en agua destilada fría.
- Neutralizar con NaOH 0,1N.
- Precipitar CaCl₂.
- Centrifugar.

Anexo 5. Propiedades Físico-Químicas

Índice de absorción de agua (IAA) y poder de hinchamiento (PH) (Anderson et al., 1969)

Fundamento

Las propiedades funcionales del almidón son la capacidad de absorción de agua del granulo de almidón, y la exudación de fracciones de almidón, a medida que se incrementa la temperatura

Materiales y Equipos

- Cajas Petri
- Tubos de centrifuga de 50 ml
- Agitadores magnéticos
- Probetas de 50 ml
- Plancha de agitación
- Baño de temperatura a 30° C
- Centrifuga
- Tubos de centrifuga graduados
- Papel Filtro de poro delgado
- Embudos
- Vasos de precipitado
- Pipetas de 10 ml
- Desecador

Procedimiento

- Tarar las cajas Petri a 90 °C por 4h a 75 °C por la noche.
- Pesar 2,5 g de muestra en un tubo de centrifuga que contiene un agitador magnético. Realizar el análisis por duplicado.
- Mientras se pesa las muestras, calentar 30 ml de agua destilada, a 30 °C, y también tener el baño a temperatura controlada de 30° C.
- Agregar 30 ml de agua a cada tubo y agitar en el equipo de agitación.
- Incubar en el baño con agitación durante 30 min.
- Secar bien los tubos y ponerlos en la centrifuga.
- Centrifugar a 5000 rpm por 30 min.
- Después de centrifugar se deben tener separados el gel y el sobrenadante. Si no es así, centrifugar por 10 min más a 6000 rpm.
- Decantar el sobrenadante en un tubo de centrifuga graduado y medir el volumen. No descartar el gel del tubo.
- Filtrar el sobrenadante.
- Descartar lo que queda en el papel filtro.
- Tomar 10 ml del filtrado y secar por 4 h a 90 °C en las cajas Petri.
- Pesar el gel que quedo en el tubo.
- En el caso de que no se haya separado el sobrenadante, pesar todo lo que queda en el tubo.

Cálculos

Índice de Absorción de Agua (IAA):

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

Poder de hinchamiento (PH):

$$PH = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra} - \text{Peso de solubles (g)}}$$

Capacidad de retención de agua
(Mc Conellet al., 1974)

El método consiste en colocar 2 g de muestra de tamaño de partícula uniforme en un tubo de 50 ml durante 24 horas, para posteriormente centrifugarlo a 2000 rpm durante 15 minutos.

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

Capacidad de Absorción de moléculas orgánicas (McConnell *et al.*, 1974)

Esta determinación se llevó a cabo según el método propuesto por (McConnell *et al.*, 1974), para lo cual 3 g de muestra se colocaron en un exceso de aceite de maní durante 24 horas. Posteriormente se centrifugó a 2000 rpm durante 15 min a 25 °C, expresando la capacidad de absorción de moléculas orgánicas únicamente en función de los componentes hidrofóbicos.

Capacidad de intercambio catiónico

Principio

Este método se basa en el desplazamiento de los cationes de cambio del complejo de absorción por el amonio de una solución salina a pH neutro (acetato de amonio 1N). La determinación se realiza por espectrofotometría de absorción atómica. Lavado de la muestra residual con alcohol para eliminar el exceso de amonio. Destilación en medio básico y titulación de la solución recogida por medio de ácido sulfúrico.

Reactivos

• Acetato de amonio 1N pH 7

Disolver 77,08 g de acetato de amonio ($\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$) en agua destilada y llevar a un litro. Controlar el pH con hidróxido de amonio si sube el pH o con ácido acético si baja.

• Etanol 95 % (v/v)

Diluir 480 ml de etanol $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ al 99 % y llevar a 500 ml con agua destilada.

• Cloruro de sodio o cloruro de potasio al 10 %

Disolver 100 g de NaCl en agua destilada y llevar a un litro.

• Solución de ácido bórico con indicador al 2%

Pesar 20 g de ácido bórico, adicionar 1 litro de agua destilada, calentar y agitar hasta la completa disolución del ácido. Enfriar y agregar 50 ml de la mezcla de indicadores.

El pH de la mezcla ácido bórico-indicador debe ser aproximadamente de 5,0 si fuese más ácido, agregar cuidadosamente gotas de NaOH 0,1 N, hasta que la solución adquiriera una coloración púrpura rojiza o alcance el pH indicado. Completar a 2 litros con agua destilada y mezclar.

Mezcla de indicadores

Pesar 0,396 g de verde de bromocresol y 0,2640 g de rojo de metilo. Disolver en 500 ml de alcohol etílico al 95%.

Hidróxido de sodio 10 N

Pesar 800 g de NaOH, añadir 1 litro de agua y agitar hasta que se disuelva. Dejar que la solución se enfríe, el frasco debe estar tapado para evitar la absorción de CO₂ atmosférico, aforar a 2 litros con agua desmineralizada.

Ácido sulfúrico 0,02 N

Diluir 1,10 ml de ácido sulfúrico concentrado en 2 litros con agua destilada. Estandarizar con Na₂CO₃ seco en la estufa a 110 °C.

Estandarización del ácido sulfúrico

Pesar 1 g de Na₂CO₃ y disolver en 50 ml de agua. Añadir 2 gotas de la mezcla de indicadores y titular con el ácido preparado. Antes del punto final, calentar la muestra durante 1 minuto para desalojar el CO₂ formado, enfriar y volver a titular, anotar el volumen de ácido sulfúrico consumido. Calcular la normalidad mediante la siguiente fórmula.

$$NH_2SO_4 = \frac{\text{Peso Na}_2CO_3}{\frac{\text{Eq químico}}{V}} * 1000;$$

Donde:

Peso Na₂CO₃ = 0,1 g

Eq químico = 52,995

V = volumen total de ácido gastado en la titulación

Procedimiento

Lavado

En un tubo de centrifuga pesar 2 g de muestra.

Añadir 20 ml de etanol y agitar manualmente hasta que se mezcle bien la muestra con el etanol por un minuto aproximadamente.

Centrifugar el tubo por 10 minutos a 3500 rpm.

Desechar la alícuota, repetir 3 veces en total (tiempo total 40 minutos, 30 ml de etanol utilizados).

Los granos andinos fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética

NOTA: en el último lavado medir el CE, si esta es mayor a (0,040) dS/m realizar un nuevo lavado.

Extracción

Agregar 20 ml de cloruro de sodio al 10 % y agitar por 30 minutos.

Centrifugar por 10 minutos a 3500 rpm.

Recoger el sobrenadante en un frasco, para la determinación de CIC por el método de destilación. Repetir los procedimientos del 1 al 3 dos veces más (total 3 veces) la extracción suma 60 ml de la solución de cloruro de sodio a destilar.

Destilación

Tomar 10 ml del extracto 2 (NaCl o KCl), en un balón de destilación añadir 10 ml hidróxido de sodio al 10 % y agua.

Recibir el destilado en 10 ml de ácido bórico al 2 %, colocando en un Erlenmeyer hasta recoger 50 ml.

Titular el destilado con ácido sulfúrico 0,002 N (cambio de color verde a rojo).

Cálculos

$$CIC \left(\frac{meq}{100g} \text{ de muestra} \right) = \frac{N * S - B * 100 * 60}{a * b};$$

Donde:

CIC = Capacidad de intercambio catiónico.

N = Normalidad exacta del H₂SO₄.

B = Volumen de ácido gastado en la titulación del blanco.

S = Volumen de ácido gastado en la titulación de la muestra.

a = Peso de muestra en gramos

b = Volumen del extracto 2 colocado en el balón de destilación (10 ml).

100 = Factor de porcentaje.

60 = Volumen total del extracto

Elena Villacres • Lourdes Cuadrado • Félix Falconí

MISIÓN DEL INIAP

Generar y proporcionar tecnologías apropiadas, productos, servicios y capacitación especializados para contribuir al desarrollo sostenible de los sectores agropecuario, agroforestal y agroindustrial.

MISIÓN DEL DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD

Desarrollar y apoyar trabajos de investigación en calidad de alimentos y agroindustria. Promover acciones participativas de investigación, oferta, capacitación y servicio de análisis especializado, contando con la experiencia de un grupo, multidisciplinario de profesionales capacitados, equipos e infraestructura adecuada.



GOBIERNO NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Econ. Rafael Correa Delgado
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL

Ledo. Javier Ponce Cevallos
**MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERÍA
ACUACULTURA Y PESCA**

Dr. Juan Manuel Domínguez Andrade
DIRECTOR GENERAL DEL INIAP

Mayor información:

Departamento de Nutrición y Calidad
Estación Experimental Santa Catalina - INIAP
Panamericana Sur Km1
teléfono: (593 - 2) 300 7134, extensión 17
correo electrónico: santacatalina@iniap.gob.ec
web: www.iniap.gob.ec
Quito - Ecuador

ISBN 978-9942-07-566-6



9 789942 075666

INIAP - Estación Experimental Santa Catalina