

# EL ATACO, SANGORACHE O AMARANTO NEGRO (*Amaranthus hybridus* L.) EN ECUADOR



## AUTORES:

Eduardo Peralta I.  
Elena Villacrés P.  
Nelson Mazón O.  
Marco Rivera M.  
Cristian Subía G.



**AUTORES:**

Eduardo Peralta I.\*

Elena Villacrés P.\*\*

Nelson Mazón O.\*

Marco Rivera M.\*

Cristian Subia G.\*

\*Investigadores del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos.

\*\* Investigadora del Dpto. de Nutrición y Calidad, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP.

**1ra. Edición:** Publicación Miscelánea No. 143 (Noviembre, 2008)

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

Estación Experimental Santa Catalina

Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos

(PRONALEG-GA)

Telefax: 593-2-2693360

Casilla 17-01-340

E-mail: [legumin@pi.pro.ec](mailto:legumin@pi.pro.ec)

Web: [www.iniap-ecuador.gov.ec](http://www.iniap-ecuador.gov.ec)

**Edición, diseño y diagramación:**

Sra. María Antonieta Batallas D. (PRONALEG-GA)

Kléver López S.

**Impresión:**

TECNIGRAVA. Tel. 3318645, E mail: [tecnigrava6@hotmail.com](mailto:tecnigrava6@hotmail.com)

Quito, Ecuador.

**Fotografías:**

Ing. Eduardo Peralta I.

Egdo. Marco Rivera M.

**Cita correcta:**

Peralta, E., E. Villacrés, N. Mazón, M. Rivera, C. Subia, 2008. El ataco, sangorache o amaranto negro (*Amaranthus hybridus* L.) en Ecuador, Publicación miscelánea No. 143 Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Experimental Santa Catalina, INIAP, Quito, Ecuador, 63 p.

# INDICE

CAPÍTULO	PÁGINA
Agradecimiento .....	4
Presentación .....	5
Antecedentes .....	6
Introducción .....	9
Clasificación botánica .....	11
Descripción de la planta .....	12
El banco de germoplasma de ataco .....	17
Identificación de microcentros de variabilidad de ataco en Ecuador .....	17
Premejoramiento .....	19
Mejoramiento genético .....	22
Agronomía .....	28
Manejo del cultivo .....	32
Potencial agroindustrial .....	32
Colorante del ataco .....	33
Tecnología de elaboración de tisanas medicinales con ataco .....	40
Potencial uso del grano .....	44
Otros usos en la alimentación .....	45
Comparación del valor nutritivo del ataco .....	49
Costos de producción .....	51
Bibliografía .....	52
Anexos .....	55

## AGRADECIMIENTO

Los autores dejan constancia de agradecimiento a los agricultores, agricultoras e instituciones que participaron y apoyaron en las investigaciones de campo.

A los donantes, a través del proyecto IFAD-IPGRI (Elevar la contribución que hacen las especies olvidadas y subutilizadas a la seguridad alimentaria y a los ingresos de la población rural de escasos recursos). Al proyecto Mcknight (EEUU), que de manera indirecta apoyó la investigación en amaranto y ataco, en los últimos cuatro años.

Al Instituto Superior de Agricultura "Simón Rodríguez" de Latacunga, Cotopaxi, por permitir usar sus predios para la investigación.

Al Ing. Carlos Monar, de la Unidad de Transferencia y Comunicación del INIAP en Guaranda, Bolívar.

Al Comité de Publicaciones de la Estación Experimental Santa Catalina: Ings. Luis Rodríguez, Vicente Noboa y José Unda.

Al Gobierno de la Revolución Ciudadana, presidido por el Econ. Rafael Correa D., por permitir al INIAP disponer de recursos económicos para fortalecer la investigación en los Granos Andinos y socializar los resultados obtenidos a la fecha.

## PRESENTACIÓN

Desde hace 26 años en el Banco de Germoplasma del INIAP, se conservan a menos 15 °C, *in vitro* y en campo al rededor de 300 géneros y especies de plantas con aproximadamente 20.000 accesiones o colectas.

El Banco Base constituye un “patrimonio genético de los ecuatorianos” y las colecciones de la variabilidad genética conservada, sirven en primera instancia como materia prima para los programas proactivos de fitomejoramiento e investigación de la Estación Experimental Santa Catalina. En la actualidad, al haber sido considerada por primera vez en la Constitución de la República, la Soberanía Alimentaria; esta riqueza genética debe ser multiplicada y devuelta a los agricultores para incrementar la disponibilidad de cultivos y productos que contribuyan por una parte a dar “seguridad de cosecha” frente al cambio climático y a la vez fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria de los ecuatorianos (as).

Entre las colecciones del Banco, se encuentran las del ataco, sangorache o amaranto negro, la misma que fue realizada en 1982 por los pioneros en el manejo de los recursos fitogenéticos y de los cultivos andinos en el país: Carlos Nieto, Raúl Castillo y Eduardo Peralta.

Frente a la ausencia de recursos económicos para evaluar e investigar sobre las potencialidades del ataco o sangorache, las colecciones se mantuvieron por 18 años aproximadamente, sin ser usadas.

A partir del 2002 se impulsan el cultivo y uso del ataco. En el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA) se decidió iniciar las investigaciones, dado el interés de muchos sectores en el grano y colorante para la alimentación humana. Ponemos a disposición de la sociedad los resultados obtenidos a la fecha, esperando interesar personas o instituciones públicas o privadas que apoyen el proceso de producción, consumo, agroindustria y exportación de este importante recurso genético.

Los autores.

## ANTECEDENTES

En 1982, un equipo de jóvenes investigadores llegó a la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para iniciar trabajos de colección, conservación, mejoramiento y uso de los Cultivos Andinos "olvidados". Algunos investigadores de la escuela INIAP, entre otras críticas mencionaron que se gastarían sin éxito los recursos en investigar cultivos considerados "malas hierbas" o malezas de los cultivos importantes de esa época, como el trigo, la cebada y la avena.

Opiniones de esta naturaleza, incrementaron el desafío para realizar el mejor trabajo en cultivos poco investigados y mantener un horizonte promisorio a 10, 20 o más años. De esta manera se inició la recolección del germoplasma a lo largo de la sierra ecuatoriana y se introdujeron colectas de países vecinos o interesados, a través de intercambio. El material genético se caracterizó para su utilización y conservación de largo plazo y a la vez se inició programas de mejoramiento genético en los más promisorios como la quinua.

En el grupo de cultivos andinos se encontraban: granos (quinua, chocho, amaranto y ataco), tubérculos menores (melloco, oca y mashua), raíces (miso, zanahoria blanca, jicama), frutales (capuli). Lo mejor fue rescatar la variabilidad genética de estas especies, de la constante erosión genética a la que estaban sometidas; para conservar y buscar sus potencialidades de uso.

Así, a partir de 1982 se inició la recolección del germoplasma de ataco o sangorache (el nombre común puede cambiar de un pueblo a otro), en un recorrido de aproximadamente mil kilómetros a lo largo del callejón interandino. Todo el material genético encontrado fue de grano negro y las características agronómicas y morfológicas llevaron a la conclusión de que se trataba de *Amaranthus hybridus* L. o *Amaranthus quitensis* H.B.K.

En 1985, la colección ecuatoriana de ataco o sangorache estuvo compuesta de 114 accesiones, todas de grano negro. Un duplicado del mismo fue llevado a la Universidad San Antonio Abad del Cusco, Perú. En los viajes de colección en Ecuador, **no se encontró plantas que produzcan grano blanco**. El amaranto de grano blanco (*A. caudatus*) fue introducido por intercambio con la mencionada universidad peruana.

Posteriormente, este germoplasma fue caracterizado morfológicamente, evaluado agronómicamente, documentado y conservado en cámara fría a menos 15°C. Se priorizó el mejoramiento por selección de las variedades de grano blanco y se liberó la variedad INIAP-Alegria (Monteros, *et al.*, 1994), con el objeto de promocionar y fomentar un cultivo nuevo en Ecuador. Los impactos podrían considerarse de poca significación.



**Fotografía 1.** *Ataco o sangorache* colectado a 2900 m de altura en Mulalillo, Cotopaxi. 1983.

En el 2001, se retoma la investigación en amaranto en el Programa de Leguminosas y Granos Andinos, refrescando las colecciones de grano blanco y de grano negro. A partir del 2002, el grano negro de ataco o sangorache empieza a cobrar importancia, por la posibilidad de ser producido con enfoque orgánico y exportado a Europa y a los Estados Unidos. Organizaciones como las Fundaciones Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador (ERPE), de la Mujer y la Familia (FUNDAMYF) en Riobamba, Chimborazo; The Andean Partnership (EEUU), Fundación Allpa Samay Killa (Inca Food) de Quito, manifiestan su interés de conocer más sobre esta especie y propiciar su producción a mayor escala, con fines de exportación.

Los autores consideramos que es importante socializar el conocimiento adquirido para interesar a otros actores en el cultivo, la agroindustria, el consumo nacional o la exportación.



*Fotografía 2. Parte de la variabilidad en ataco.*



## INTRODUCCIÓN

Para hablar del ataco, se debe mencionar al amaranto, como un nombre que engloba una serie de especies de la familia de las amarantáceas, donde se incluye el ataco o sangorache como se conoce en Ecuador.

Según Sauer (1976), citado por Mujica (1997), el amaranto fue domesticado, cultivado y utilizado desde hace más de 4000 años en América. Los restos arqueológicos, revelan que semillas y hojas fueron utilizadas en la alimentación por los habitantes prehispánicos, ya que en regiones tropicales y subtropicales era una planta de recolección. Este cultivo tuvo mucha importancia en la época prehispánica, con la llegada de los españoles a América, se prohibió su uso por considerarlo parte de las ceremonias paganas.

Desde la década de 1980, el amaranto cobra mucha importancia, debido a su alto valor nutritivo (calidad de la proteína) y su adaptabilidad a diferentes ambientes, incluyendo áreas desfavorables para otros cultivos de interés económico. Las plantas pertenecientes a la familia de las amarantáceas, son consideradas plantas C4, es decir resistentes o tolerantes a la sequía, eficientes en la fijación del anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), no presentan foto respiración y demandan menor cantidad de agua para producir la misma cantidad de biomasa (Hauptli, 1977). Además, el doble mecanismo de fijación de  $\text{CO}_2$  en las plantas C4 (maíz, sorgo, caña de azúcar) confiere a este grupo un mayor rendimiento fotosintético, que se traduce en mayor eficiencia productiva (Rojas, 1985).

Tradicionalmente, las plantas de ataco o sangorache son cultivadas en la sierra ecuatoriana aisladamente, su uso ha sido muy limitado y en muchas localidades se ha perdido.

Mujica, *et al* (1997), resume la gran importancia que tiene el amaranto, tanto en la agricultura como en la alimentación, en la que se puede incluir al ataco o sangorache, debido a:

1. Alto contenido de proteínas y balance adecuado de aminoácidos esenciales que poseen sus semillas y hojas, principalmente lisina, metionina y triptófano.
2. Fácil adaptación a las condiciones climáticas y sistemas de cultivo tanto de los pequeños agricultores como de la agricultura extensiva.
3. Usos múltiples en la alimentación humana obteniéndose del grano harinas, con las que se preparan galletas, dulces, tamales, tortillas, bebidas refrescantes, etc. Las hojas se consumen en estado tierno igual que otras hortalizas de hojas con mayores ventajas nutritivas y económicas.
4. Presencia de pigmentos de color púrpura o negro en las hojas e inflorescencias. El colorante característico del ataco es la amarantina, de amplio uso en culinaria, industria alimenticia y textil (Villacrés, E. 2008, cp).

5. Excelente producción de materia verde y uso como planta forrajera en la alimentación del ganado.
6. Colores vistosos y formas de inflorescencia atractivas por las cuales se emplea como planta ornamental de parques y jardines.
7. Ser una planta C4, más eficiente en el uso del agua, no presentar fotorespiración, tener mayor eficiencia en la fijación de CO<sub>2</sub> y producir una misma cantidad de biomasa con menor cantidad de agua.
8. Rápido crecimiento y mayor capacidad de foto asimilación que las plantas C3 en condiciones de escasa precipitación.
9. Los residuos de la cosecha pueden ser utilizados para alimentación animal dado el alto contenido de proteína y adecuada digestibilidad.
10. Tener usos medicinales ya que los granos molidos preparados como "mazamorra" se utilizan en el control de la diarrea provocado por amebas.
11. Tener eficiente asimilación del nitrógeno, lo que ha sido demostrado por la abundancia de proteína en sus hojas y semillas y por presentar altas concentraciones de nitratos en el líquido vacuolar de sus células.
12. Presentar un arquetipo de planta con muchas hojas anchas de hábito de crecimiento erecto, lo que proporciona una superficie sombreada ideal para controlar las malezas.
13. Dado que la mayoría de los granos comestibles son gramíneas y siendo el amaranto una dicotiledónea de amplia adaptación, ello otorga nuevas posibilidades para la rotación de cultivos, introduciendo mayor diversidad en campos de monocultivo, lo que puede ser útil para el control de plagas y enfermedades.
14. Adaptación de amplios rangos de densidades de población, produciendo lo mismo a densidades de 20- 25 plantas por metro cuadrado, que ha 300 a 400 plantas por metro cuadrado, ocurriendo un fenómeno de compensación en la producción, obteniéndose en ambos casos 5 t/ha.

A estos criterios de importancia, hay que añadir otros que han surgido en los últimos años en Ecuador, a partir del interés en el grano para la exportación:

- a) Existen mercados demandantes del grano negro en EEUU, Inglaterra, Australia, Italia, Francia y Sudáfrica.
- b) El interés de estos mercados se basa en el mejor sabor, valor nutritivo, procedencia orgánica y su valor nutracéutico.
- c) Al ser el grano negro, presenta un color integral. El consumidor asocia el color oscuro con la integralidad y naturalidad del grano.
- d) Reemplaza fácilmente a otras semillas en panes especiales de amplia demanda y precio (Poppy Seed Muffins, Beegel) en los EE UU.

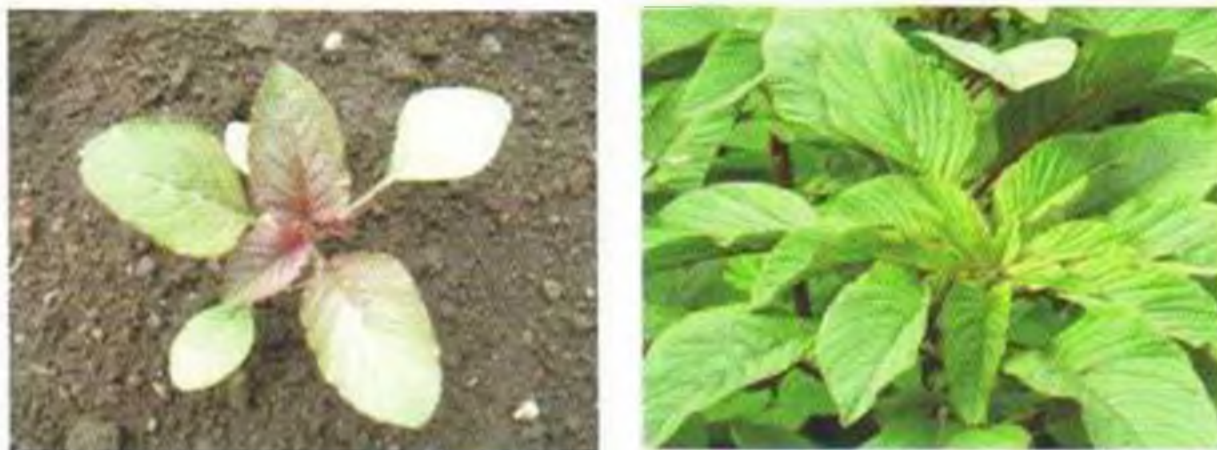
## CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

Reino:	Vegetal
División:	Fanerógama
Tipo:	Embryophyta siphonogama
Subtipo:	Angiosperma
Clase:	Dicotiledónea
Subclase:	Archyclamidaeae
Orden:	Centropermales
Familia:	Amaranthaceae
Género:	Amaranthus
Especie:	<i>A. hybridus</i> / <i>A. quitensis</i>
Nombre científico:	<i>Amaranthus hybridus</i> L. – <i>A. quitensis</i> H.B.K.
Nombres comunes:	Ataco, sangorache, sangoracha.



## DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

El ataco o sangorache es una planta anual de tipo arbustivo herbáceo, erecta, poco ramificada de color verde al inicio del crecimiento y morado o púrpura a la madurez.



*Fotografía 3. Variaciones de color de acuerdo a la época fenológica de la planta de ataco.*

**Raiz.-** Es pivotante, con abundantes raíces secundarias y terciarias. Esta arquitectura de raíz contribuye a tolerar la falta de agua. Dependiendo de los suelos pueden llegar hasta 40 cm o más de profundidad.



*Fotografía 4. Raíces de ataco, desarrolladas en suelo arenoso.*

**Tallo.-** Es de forma cilíndrica, con ángulos y estrias gruesas longitudinales, de color morado o púrpura. Dependiendo de la densidad de siembra y de la fertilidad de los suelos, puede medir hasta 4 cm de diámetro en su base y la altura puede llegar hasta 2.0 m.



*Fotografía 5. El tallo del ataco puede ser muy vigoroso al crecer sin competencia.*

**Hojas.-** Las hojas son simples, alternas u opuestas, pecioladas, con bordes levemente ondulados, de tamaño variable entre 3 y 15 cm de largo y de 1.5 a 10 cm de ancho, de forma ovalada con extremos subagudos, glabras, verdes en épocas tempranas del crecimiento y moradas o púrpuras a la madurez de la planta, con nervaduras prominentes.



*Fotografía 6. Hojas de ataco en estado temprano y en madurez de cosecha.*

**Flores e inflorescencia.-** Las inflorescencias son terminales o axilares, de tipo amarantiforme o glomerular, muy vistosas, erectas o decumbentes, de color morado o púrpura intenso. Se agrupan y forman la panoja, el largo de la panoja madura puede llegar hasta 50 cm. Las flores son unisexuales, pequeñas, estaminadas o pistiladas. El androceo está formado por cinco estambres de color amarillo, el gineceo presenta ovario esférico, súpero, con tres estigmas filiformes y pilosos que alojan una sola semilla. En el glomérulo la primera flor es terminal y siempre masculina, con dos flores femeninas en su base. Un glomérulo puede tener hasta 250 flores femeninas.

Son predominantemente autógamas, pero se ha observado polinización cruzada, por acción de los insectos o el viento, principalmente.

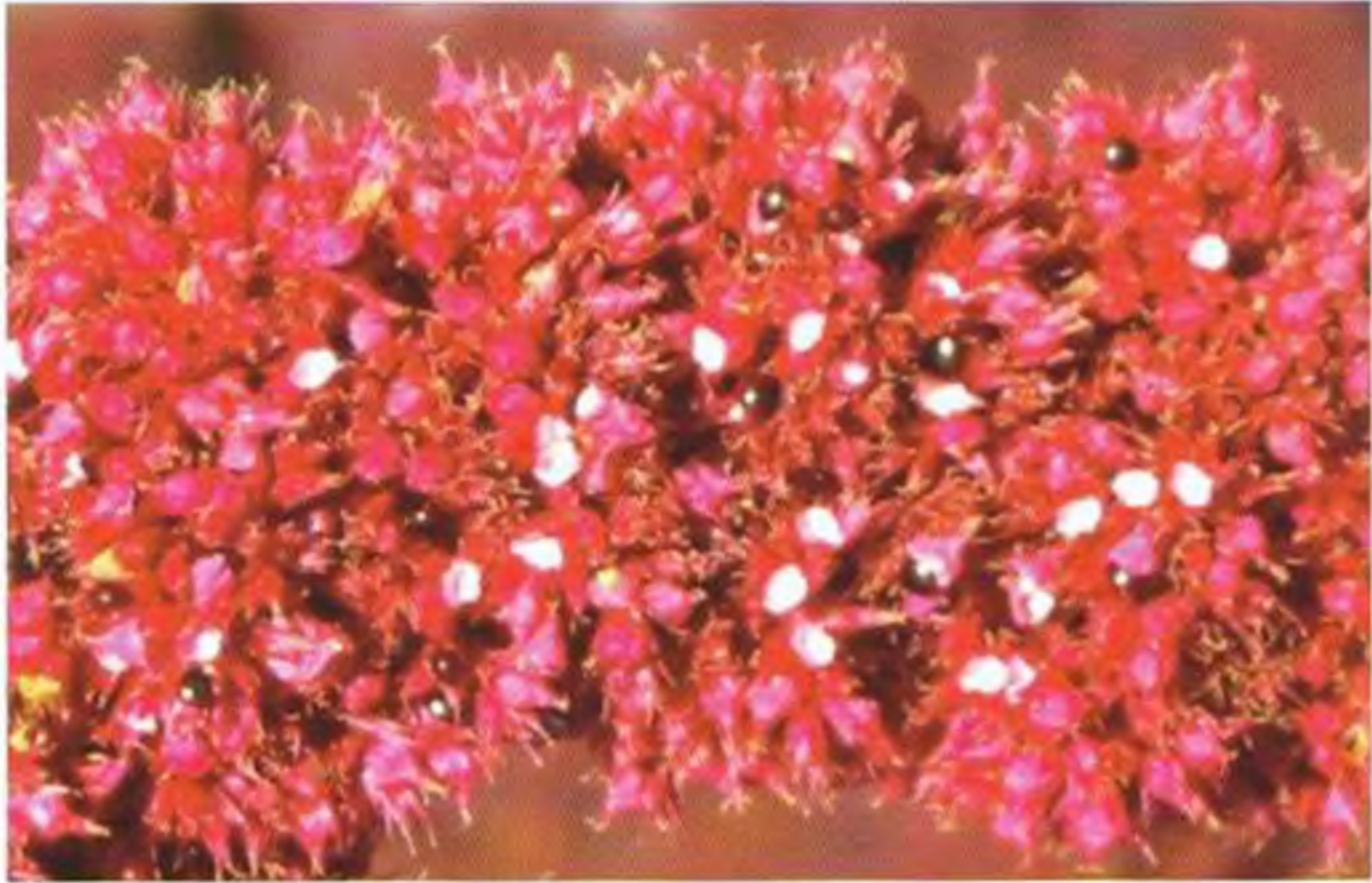


*Fotografía 7. Flor pistilada con cinco estambres e inflorescencias a la madurez.*

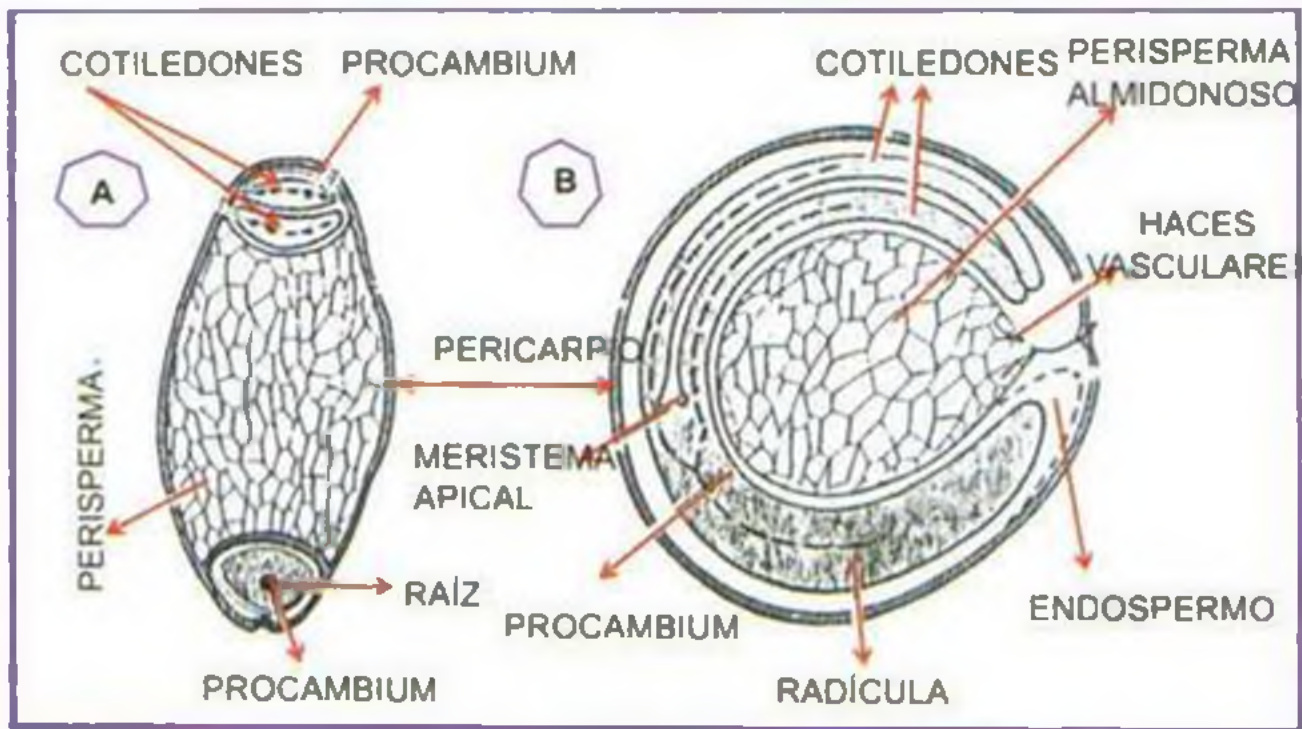
**Fruto.-** Es una cápsula pequeña que botánicamente corresponde a un pixidio unilocular, que a la madurez se abre para dejar caer la parte superior u opérculo, dejando al descubierto la parte inferior llamada urna, donde se aloja la semilla, la misma que se desprende fácilmente; dando lugar a una fuerte dehiscencia o caída de las semillas.

**Semilla.-** La semilla es muy pequeña, lisa, brillante, de color negro o púrpura. El número promedio de semillas por gramo es de 1800, de las cuales el 82% son normales y el 18% mal formadas o inmaduras. La semilla es dura, lo que genera dificultad para moler. En el grano se distinguen el episperma o cubierta de la semilla, el endosperma o segunda capa, el embrión formado por los

cotiledones (rica en proteína) y la parte más interna llamada perisperma (rica en almidones). (Figura 1).



*Fotografía 8. Cápsulas y semillas en la infrutescencia del ataco.*



*Figura 1. Diagrama de secciones transversal (A) y longitudinal (B) de la semilla de amaranto (Irving et al. 1981, citado por Mujica, 1997).*



*Fotografía 9. Semillas o granos de ataco.*



*Fotografía 10. Semillas o granos de ataco al 12% de humedad.*



## EL BANCO DE GERMOPLASMA DE ATACO O SANGORACHE

La colección de ataco, conservada en el Banco Base de Germoplasma, a cargo del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF) en la Estación Santa Catalina del INIAP, fue realizada en 13 provincias del Ecuador, cuya distribución se observa en el Cuadro 1.

*Cuadro 1. Distribución por provincias de la colección ecuatoriana de ataco, sangorache o amaranto de grano negro.*

PROVINCIA	NUMERO DE COLECTAS	PORCENTAJE
Pichincha	37	26.2
Tungurahua	25	17.7
Cañar	20	14.2
Azuay	14	9.9
Imbabura	11	7.8
Loja	7	5.0
Cotopaxi	6	4.3
Chimborazo	6	4.3
Carchi	5	3.5
Bolivar	1	0.7
Manabi	1	0.7
<b>Total</b>	<b>141</b>	<b>100</b>

El 80% de las colectas se ubicaron en altitudes comprendidas entre 2000 y 3000 m.

## IDENTIFICACIÓN DE MICROCENTROS DE VARIABILIDAD DE ATACO EN ECUADOR

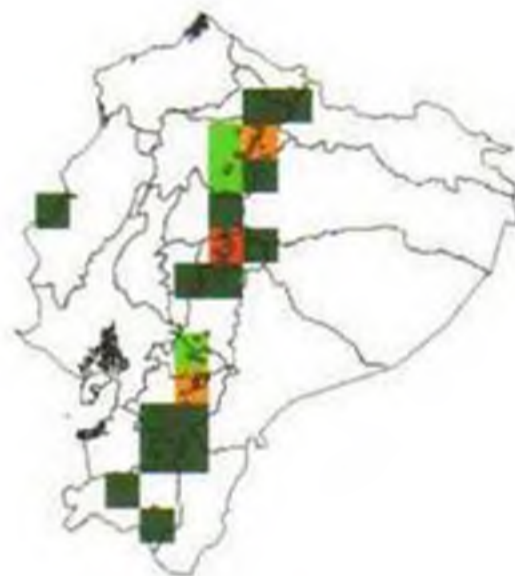
Tapia, C. (2002), trabajó en la identificación de microcentros de la variabilidad de los granos andinos. Respecto al germoplasma de ataco, indica que la colección presenta un gran número de colectas realizadas en Pichincha y Tungurahua. La provincia con el mayor número de colectas es Pichincha (33) y la de menor número es Bolivar (1). En cuanto a "huecos" detectados, es decir lugares donde se necesita realizar colectas complementarias constan las provincias de Bolivar y Cotopaxi, la parte central de las provincias de Loja y Chimborazo. La colección de ataco se distribuye entre las latitudes 0,60°N a los 4,18°S (Figura 2).



**Figura 2.** Distribución geográfica de la colección ecuatoriana de ataco o sangorache en Ecuador.

Para este estudio se utilizó los siguientes descriptores: altura de la planta, ramificación, tipo de inflorescencia, densidad de la inflorescencia, color de la inflorescencia, actitud de la inflorescencia terminal, color del grano y tumbado o acame. En la **Figura 3**, se observa el potencial microcentro ubicado entre la provincia de Cotopaxi y Tungurahua, detectándose dos submicrocentros en las provincias de Pichincha, parte de la provincia de Cañar y en la provincia de Azuay. Los sitios específicos para el microcentro potencial son en la provincia de Tungurahua: Cevallos, Quero, Pillaro, Juan Benigno Vela, Izamba, Mocha y Santa Rosa; en la provincia de Cotopaxi son: Mulalillo y Salcedo.

Además del microcentro identificado en la **Figura 3**, en la colección de ataco se observó al realizar el análisis para el color de la inflorescencia, otro potencial microcentro ubicado en la provincia de Pichincha, específicamente en Pifo, Tababela, Checa, Ascázubi, Otón, Tabacundo, Cangahua; y en Peguche y San Pablo (provincia de Imbabura).



**Figura 3.** Microcentro de variabilidad para la colección de ataco o sangorache en Ecuador.

## PREMEJORAMIENTO

En el ciclo agrícola 2002 – 2003, por disponibilidad de semilla se seleccionaron del banco de germoplasma 68 entradas de grano negro en su mayoría originarias de Ecuador. Este material genético fue sembrado en la Granja Experimental Tumbaco (INIAP) a 2450 m, con una densidad de 8 kg/ha.

Se evaluaron datos agronómicos y morfológicos tales como: días al panojamiento, días a la floración, días a la cosecha, altura de planta, ramificación, densidad de la inflorescencia, actitud de la inflorescencia terminal, color de la inflorescencia, forma de la panoja, acame a la madurez, altura de planta, longitud de la panoja, diámetro del tallo, diámetro de la panoja, rendimiento por planta, color del grano y peso hectolítrico.

En el **Cuadro 2**, se presentan los resultados de las variables cuantitativas más importantes.

*Cuadro 2. Promedio, valor mínimo y valor máximo de nueve variables cuantitativas en 68 entradas de ataco, sangorache o amaranto negro. Tumbaco. 2003.*

VARIABLE	PROMEDIO	V. min.	V. max.
Días al panojamiento	74	60	112
Días a la floración	99	75	140
Días a la cosecha	168	159	185
Altura de planta (cm)	151	121	191
Longitud de la panoja (cm)	45	35	56
Diámetro del tallo (cm)	1.3	0.85	2.4
Diámetro de la panoja (cm)	3.9	2.4	6.7
Rendimiento (g/planta)	2.8	0.73	12.8
Peso hectolítrico (kg/hl)	73.9	59.5	82.7

En el **Cuadro 3**, se presenta el número de entradas con los caracteres y los rangos más frecuentes dentro de cada una de las variables estudiadas.

**Cuadro 3.** Caracteres o rangos más frecuentes, número de entradas (NE) y frecuencia (%) de descriptores morfológicos y agronómicos. Tumbaco, 2003.

VARIABLE	CARÁCTER O RANGO	NE	%
Porte de planta	Erecto	68	100.0
Ramificación	Sin ramas	56	82.4
Densidad de inflorescencia	Intermedia		
	a compacta	67	98.5
Actitud de inflorescencia terminal	Erecta	66	97.1
Color de la inflorescencia	Morado	51	75.0
Tipo de panoja	Amarantiforme	68	100.0
Color del grano	Negro	64	94.1
Días al panojamiento	61 a 90	51	75.0
Días a la floración	91 a 120	64	94.1
Días a la cosecha	161 a 170	48	70.6
Acame (%)	0 a 10%	66	97.1
Diámetro del tallo (cm)	1.25 a 1.83	64	94.1
Altura de planta (cm)	138 a 164	59	86.8
Diámetro de la panoja (cm)	3.43 a 5.59	62	91.2
Longitud de la panoja (cm)	39 a 50	59	86.8
Rendimiento por planta (g)	2 a 12.8 g	31	45.6
Peso hectolitrico (kg/hl)	68 a 82.7	60	88.2

En función del rendimiento, precocidad y altura de planta, se seleccionaron 14 accesiones, cuyas principales características, se presentan en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Procedencia (provincia y cantón), color de la panoja (CP), días a la cosecha (DC), altura de planta (AP), rendimiento por planta (RP) y peso hectolitrico (PH) de 14 líneas seleccionadas de ataco. Tumbaco, 2003.

LÍNEA	PROCEDENCIA	CP	DC	AP (cm)	RP (g)	PH (kg/hl)
ECU-082	Azuay, Girón	Rosado intenso	159	144	8.4	78
ECU-031	Pichincha, Quito	Morado	159	164	7.2	77
ECU-047	Carchi, Montúfar	Rosado intenso	160	146	6.5	71
ECU-048	Imbabura, Otavalo	Rosado intenso	160	126	12.8	77
ECU-038	Pichincha, Cayambe	Rosado intenso	170	140	7.4	73
ECU-081	Azuay, Girón	Morado	159	147	5.5	77
ECU-028	Pichincha, Quito	Rosado intenso	166	140	5.3	83
ECU-051	Pichincha, P.Moncayo	Rosado intenso	159	130	3.4	73
ECU-033	Pichincha, Cayambe	Rosado intenso	166	124	4.2	76
ECU-035	Pichincha, Quito	Rosado intenso	170	135	6.8	69
ECU-032	Pichincha, Cayambe	Morado	166	154	4.5	66
ECU-026	Pichincha, Quito	Rosado	176	156	6.0	79
ECU-070	Pichincha, Cayambe	Morado	159	160	3.2	78
ECU-049	Imbabura, Otavalo	Morado	159	157	3.0	75

Esta primera evaluación del germoplasma de ataco, mostró que las características morfológicas predominantes son crecimiento erecto, sin ramificación, densidad de la inflorescencia de intermedia a erecta, panojas amarantiformes y color rosado intenso a morado.

Más del 90% de las accesiones florecieron antes de los 120 días y alrededor del 70% se cosecharon hasta los 170 días. Las 14 entradas seleccionadas superaron el rendimiento promedio de la población evaluada (2.7 g/planta), por precocidad y altura de planta. La mayoría son provenientes de la provincia de Pichincha y la inflorescencia es rosado intensa. El origen de este grupo de genotipos, donde predomina el grupo de Pichincha, puede llevar a la conclusión de que la adaptación del ataco es restringido; es decir al sacarles de su hábitat, pueden perder sus características o se desadaptan.

Muchas comunidades de la Sierra ecuatoriana dejaron de sembrar las variedades nativas de ataco o sangorache, por lo que en Imbabura y Cotopaxi se sembraron las colecciones de ataco muestreadas en estas provincias con el objetivo de reintroducir las variedades nativas, determinar el vigor de la semilla almacenada en cámara refrigerada desde hace más de 20 años y promocionar la conservación y uso de la variabilidad del ataco o amaranto de grano negro.

En Chaltura, Granja "La Pradera" de la Universidad Técnica del Norte, ubicada a 2400 m, se evaluó siete líneas de amaranto de grano negro en parcelas de un surco de 5 m de largo, distanciados a 0,6 m y la siembra se realizó por golpes cada 0,1 m. No germinaron dos entradas y una línea no llegó a producir grano. Se registraron datos de días a la floración, altura de planta, longitud de panoja, días a la cosecha y rendimiento por parcela.

Las características más importantes de las entradas evaluadas se presentan en el Cuadro 5. Se observó que las entradas ECU-006 y ECU-041 fueron las que mejor potencial presentaron en las condiciones de esta localidad.

**Cuadro 5.** Días a la floración (DF), días a la cosecha (DC), altura de planta (AP), longitud de panoja (LP) y cantidad de semilla producida por parcela (CS) de cuatro entradas de ataco. Chaltura, Imbabura, 2004.

ENTRADA	DF	DC	AP (cm)	LP (cm)	CS (g)
ECU-006	85	153	167	64	261
ECU-041	130	163	193	47	96
ECU-042	130	163	161	39	26
ECU-048	130	153	121	38	98
<b>Promedio</b>	<b>119</b>	<b>158</b>	<b>160</b>	<b>47</b>	<b>120.2</b>

Las condiciones de almacenamiento de la colección de amaranto son buenas, pues la mayoría (71%) de las entradas sembradas germinaron normalmente y se identificaron materiales con buen potencial de rendimiento (ECU-006, ECU-041).

En la Granja del Instituto Tecnológico Agropecuario Simón Rodríguez (ITASR, Aláquez, Cotopaxi) se evaluó seis entradas de ataco originarias de Cotopaxi, colectadas hace 20 años. Se sembró en parcelas de un surco de 5 m de largo, distanciados a 0,8 m. La siembra se realizó por golpes (2.5 g/surco). Se registraron datos de días al panojamiento, días a la floración, días a la cosecha, color de la panoja a la cosecha, altura de planta, tamaño de la panoja, rendimiento y peso hectolitrico.

Todas las colectas o entradas germinaron y se cosecharon. Los materiales con mayor potencial de rendimiento y precocidad fueron: ECU-131, ECU-91 y ECU-61 y ECU-110 (Cuadro 6).

*Cuadro 6. Días a la floración (DF), días a la cosecha (DC), color de la panoja (CP), altura de planta (AP), largo de panoja (LP) y rendimiento por planta (RP) de seis entradas de amaranto. ITASR, Aláquez, Cotopaxi, 2004.*

ENTRADA	DF	DC	CP	AP (cm)	LP (cm)	RP (g)
ECU-131	120	200	Rosado	154	50	8.9
ECU-91	120	205	Morado	157	46	5.0
ECU-61	125	217	Morado	137	41	4.5
ECU-117	92	217	Morado	134	42	2.6
ECU-70	92	217	Morado	133	40	2.1
ECU-110	92	205	Morado	151	48	1.5
Valor mínimo	92	200		133	40	1.5
Valor máximo	125	217		157	50	8.9
Promedio	107	210		144	45	4.1
Desviación estándar	16	8		11	4	2.7

Se concluye que las condiciones de almacenamiento de la colección de ataco o sangorache son buenas, todas las entradas germinaron normalmente y se identificaron materiales con buen potencial de rendimiento: ECU-131, ECU-91 y ECU-61.

## MEJORAMIENTO GENÉTICO

Para iniciar un programa de mejoramiento genético es necesario contar con un banco de germoplasma debidamente caracterizado y lo más amplio posible; recursos humanos capacitados, recursos económicos y conocimiento del cultivo.

Para incursionar en el mejoramiento del ataco o amaranto de grano negro, se inició el refrescamiento e incremento de semilla de la colección, seleccionando y evaluando el material más promisorio.

En el 2003, el PRONALEG-GA y el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología, compilan y publican el Catálogo del Banco de germoplasma de Amaranto. (Mazón, *et al.* 2003).

## EVALUACIÓN DE LÍNEAS PROMISORIAS DE ATACO

Frente al interés de producir comercialmente ataco o sangorache en fincas de producción orgánica certificada en Chimborazo, se planificó evaluar algunas líneas promisorias, junto a los genotipos testigos procedentes de ERPE, Chimborazo.

Se evaluó 20 líneas de grano negro (dos como testigos, proceden de Guatemala) a una altura de 2.720 m, en la parte baja de la Estación Experimental Santa Catalina, en un ensayo dispuesto en bloques al azar con tres repeticiones, cada parcela en surcos de 5 m de largo, distanciados a 0.8 m, sembrados con una densidad de 8 kg/ha.

Se tomaron datos de días al panojamiento, días a la floración, días a la cosecha, altura de planta, diámetro del tallo, longitud de la panoja, diámetro de la panoja, rendimiento por planta y por hectárea.

De acuerdo a los datos y a los análisis estadísticos, se seleccionaron 11 líneas que superaron una tonelada (22 qq o 1000 kg) por hectárea (**Cuadro 7**).

*Cuadro 7. Días a la cosecha (DC), altura de planta (AP), largo de la panoja (LP), diámetro de la panoja (DP) y rendimiento por hectárea (t/ha), de 11 líneas promisorias de ataco seleccionadas. Santa Catalina, 2003*

LÍNEAS	DC	AP (cm)	LP (cm)	DP (cm)	t/ha
ECU-4697 (t)	160	1.61	29.9	4.0	1.93
ECU-8457 (t)	162	1.60	35.3	4.0	1.70
ECU-0003	176	1.55	45.1	5.3	1.47
ECU-0069	177	1.58	46.0	4.3	1.28
ECU-0082	177	1.43	41.9	4.4	1.26
ECU-0102	178	1.57	42.2	4.7	1.18
ECU-0123	175	1.45	41.0	4.4	1.16
ECU-0162	162	1.27	34.3	3.4	1.16
ECU-0093	176	1.46	42.3	4.7	1.06
ECU-0209	156	1.22	27.3	3.4	1.06
ECU-0210	163	1.22	30.0	3.7	1.05
SAN ANTONIO	182	1.58	41.8	4.1	0.43
EL EDEN	182	1.55	48.3	5.4	0.55
AGRICULTOR	182	1.62	52.4	4.5	0.63

Esta investigación preliminar mostró que existen líneas promisorias de grano negro que superan en precocidad y rendimiento a los testigos de Chimborazo (0.5 t vs. 1.47 t/ha).

Estos resultados confirman que la adaptación de esta especie es restringida y se considera necesario continuar investigando sobre adaptación y rendimiento en diferentes ambientes y épocas; para poder llegar a conclusiones más contundentes. No se debe olvidar que se trata de una especie en proceso de domesticación. Sin embargo, los rendimientos de muchas de ellas, demuestran que tienen potencial para generar altas producciones.



*Fotografía 11. Evaluación del ataco o sangorache en la Granja Tumbaco del INIAP a 2450 m.*

Por disponibilidad de semilla se formaron nueve grupos de materiales promisorios para evaluarse en diferentes ambientes en las provincias de Bolívar, Cotopaxi e Imbabura.

En la Granja Laguacoto de la Universidad Estatal de Bolívar, se sembró siete líneas de amaranto de grano negro ecuatorianas y dos procedentes de Guatemala, como testigos, en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se registraron datos relacionados con precocidad, desarrollo, respuesta al viento y variables relacionadas con la cosecha (rendimiento y calidad de grano).

El análisis estadístico mostró diferencias para las variables altura de planta y largo de panoja. La prueba de significación estableció rangos en cada una de estas variables, junto con las medias de días a la cosecha y rendimiento se presentan en el **Cuadro 8**.



**Cuadro 8.** Promedios y rangos para días a la cosecha (DC), altura de planta (AP), largo de panoja (LP) y rendimiento (t/ha) de nueve líneas de amaranto de grano negro. Granja Laguacoto, UEB, Bolívar, 2004.

Líneas	DC	AP (m)	LP (cm)	t/ha
ECU – 4697 (t)	163	1.23 b	24.1 b	1.52
ECU – 8457 (t)	163	1.54 ab	27.6 ab	1.42
ECU – 0003	155	1.54 ab	28.8 ab	1.43
ECU – 0069	160	1.62 a	35.6 ab	1.50
ECU – 0082	162	1.55 b	36.9 ab	1.53
ECU – 0102	164	1.70 a	40.3 a	1.53
ECU – 0123	163	1.60 a	37.73 ab	1.56
ECU – 0162	159	1.57 ab	27.1 b	1.62
ECU – 0210	160	1.73 a	29.9 ab	1.52

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

Al no presentarse diferencias estadísticas en precocidad y rendimiento, se puede mencionar que los materiales de ataque o amaranto de grano negro respondieron de igual manera a las condiciones de la zona. Con el apoyo de la investigación participativa, los agricultores seleccionaron a las líneas ECU – 0102, ECU – 0069 y ECU – 0082 y sus criterios de mayor aceptabilidad se exponen en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.** Líneas de amaranto de grano negro seleccionadas y los principales criterios de selección. Laguacoto, Guaranda, 2004.

Orden	Línea	Criterios de mayor aceptabilidad
1	ECU-0102	Plantas resistentes al acame, buena sanidad, plantas uniformes, panojas largas y uniformes, altura adecuada de plantas, tallos gruesos, ciclo de cultivo medianamente precoz con 164 días a la cosecha, tolerantes a la sequía y buen peso de semilla por planta (10.28 gramos).
2	ECU-0069	Resistente al acame, tamaño de planta normal, buena sanidad, panojas largas y uniformes, medianamente precoz con 160 días a la cosecha, tolerantes a la sequía, con un rendimiento promedio de 10.82 gramos por planta.
3	ECU-0082	Resistente al acame, tolerante a la sequía, plantas vigorosas, medianamente precoz, con 164 días a la cosecha, panojas largas y uniformes, buen llenado de grano.

En la Granja del I.T.A. Simón Rodríguez, se evaluó el ensayo de siete líneas promisorias de amaranto de grano negro ecuatorianas y dos testigos, se trabajó en diseño de bloques completos al azar, con parcelas de tres surcos de 5 m de largo, distanciados a 0.8 m y sembrada por golpes cada 0.25 m. Se registraron datos de días al panojamiento, días a la cosecha, color de la panoja, altura de planta, tamaño de panoja y rendimiento.

No se encontró diferencias estadísticas entre líneas respecto a precocidad y en promedio las líneas formaron la panoja a partir de los 65 días para ser cosechadas seis meses después de la siembra. La prueba de significación determinó rangos para altura de planta, longitud de panoja y rendimiento por planta (**Cuadro 10**).

La altura de planta presenta una alta correlación positiva con longitud de panoja, es decir que a mayor altura de planta, mayor tamaño de panoja.

Las línea ECU-4697 (testigo) y ECU-210 probablemente están segregando, debido a que dentro de las parcelas se observaron dos tipos de plantas altas, tardías y sanas y otro grupo de plantas pequeñas y enfermas.

**Cuadro 10.** Promedios y rangos para altura de planta (AP), largo de la panoja (LP) y rendimiento por planta (RP) de nueve líneas de amaranto de grano negro. ITASR, Latacunga, Cotopaxi, 2004.

LÍNEAS	AP (m)	LP (cm)	RP (g)
ECU-003	1.97 a	51.8 ab	13.63 ab
ECU-8457 (t)	1.91 a	54.6 a	15.47 ab
ECU-0162	1.86 a	53.7 a	19.31 a
ECU-069	1.85 a	49.9 ab	10.99 ab
ECU-123	1.84 a	50.8 ab	13.01 ab
ECU-082	1.80 ab	46.9 ab	14.10 ab
ECU-102	1.73 ab	45.7 ab	9.89 ab
ECU-210	1.36 bc	40.0 ab	6.04 b
ECU- 4697 (t)	1.15 c	27.60 b	8.17 ab

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )

No se determinó diferencias estadísticas en la variable rendimiento por planta, sin embargo, las líneas ECU-0162, ECU-8457 (t), ECU-0082, ECU-0003 y ECU-123, mostraron mayores rendimientos.

En la Granja La Pradera de la Universidad Técnica del Norte se evaluaron siete líneas promisorias de amaranto de grano negro y dos testigos, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, con parcelas de un surco de 5 m de largo, distanciados a 0.6 m; la siembra se realizó a chorro continuo. Se registraron datos de días a la cosecha, altura de planta, longitud de la panoja y rendimiento por planta.

El análisis de varianza para días a la cosecha, longitud de la panoja y rendimiento por planta no presentó diferencias estadísticas, mientras que para altura de planta mostró diferencias estadísticas altamente significativas. Las medias y rangos establecidos se presentan en el **Cuadro 11**.

Las líneas ECU-4697 (t), ECU-8457 (t) y ECU-0162, fueron las más precoces y las de mayor rendimiento por planta, siendo cosechadas alrededor de los 130 días y superaron los 10 g/planta.

En los ciclos agrícolas 2005 y 2006, se establecieron parcelas de purificación de las líneas promisorias para incrementar semilla, mejorar la calidad de semilla y mantener la pureza varietal.

De igual manera en el año 2006 se llevó un ensayo con las cinco mejores líneas de ataco evaluadas en Imbabura para dos localidades de la zona (Mojandita y Pucará). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 5 tratamientos (líneas) y 3 repeticiones en cada localidad. Se sembraron en parcelas de tres surcos de 3 m de largo, separados a 0.6 m y la distribución de la semilla fue a chorro continuo, con una densidad de siembra equivalente a 12 kg por hectárea.

**Cuadro 11.** Promedios y rangos de días a la cosecha (DC), altura de planta (AP), largo de panoja (LP) y rendimiento por planta (RP) de nueve líneas promisorias de amaranto de grano negro. Granja La Pradera, Chaltura, Imbabura, 2004.

<b>LINEAS</b>	<b>DC</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>LP (cm)</b>	<b>RP (g)</b>
ECU – 4697 (t)	134	86.64 b	30.83	14.4
ECU – 8457 (t)	134	104.00 ab	40.08	14.2
ECU – 0003	153	107.75 ab	30.17	10.3
ECU – 0069	153	125.75 ab	34.25	6.6
ECU – 0082	153	121.25 ab	31.78	6.2
ECU – 0102	153	135.33 a	31.67	6.0
ECU – 0123	153	136.00 a	39.33	3.7
ECU – 0162	134	119.58 ab	49.75	3.4
ECU – 0210	153	128.19 ab	36.69	3.3

Letras distintas indican diferencias significativas

Se registraron datos de altura de planta, grosor del tallo, longitud del tallo, longitud de la panoja, rendimiento, días a la formación de la panoja, días a la floración, días a la cosecha, porcentaje de proteína y contenido de minerales.

De la evaluación agronómica no se obtuvieron resultados significativos y tampoco no se observó buena adaptación de las líneas de ataco estudiadas, pero es importante rescatar los resultados del análisis bromatológico que se presentan en el **Cuadro 12**.

**Cuadro 12. Análisis bromatológico de cinco líneas promisorias de ataco, Imbabura, 2006.**

Elemento	Líneas					Promedio
	ECU-69	ECU-82	ECU-102	ECU-123	ECU-162	
N (%)	2.20	2.74	2.32	2.34	2.38	<b>2.40</b>
Proteína (%)	13.76	17.13	14.48	14.60	14.88	<b>14.97</b>
P (%)	0.456	0.545	0.500	0.551	0.552	<b>0.521</b>
K (%)	0.464	0.656	0.493	0.555	0.516	<b>0.537</b>
Ca (%)	0.361	0.528	0.354	0.383	0.405	<b>0.406</b>
Mg (%)	0.381	0.475	0.415	0.439	0.424	<b>0.427</b>
Na (%)	0.048	0.070	0.058	0.061	0.055	<b>0.058</b>
S (%)	0.174	0.210	0.177	0.189	0.177	<b>0.185</b>
Mn (ppm)	54.16	60.83	51.87	57.21	51.65	<b>55.14</b>
Fe (ppm)	222.4	192.2	280.9	329.1	160.6	<b>237.0</b>
Zn (ppm)	31.29	32.26	30.30	31.59	33.97	<b>31.88</b>
Cu (ppm)	9.64	11.78	9.62	9.86	9.21	<b>10.02</b>

Fuente: Tustón, S. 2007. Informe Técnico Anual 2007. INIAP.

Del análisis bromatológico, se desprende que el contenido nutricional del ataco o amaranto varía con la composición genética (variación entre líneas) y se observa también que las líneas de amaranto de grano negro tienen una composición nutricional semejante al amaranto de grano blanco.

En la actualidad el PRONALEG-GA se encarga de mantener la pureza varietal de las líneas promisorias y de incrementar semilla de las mismas.

## AGRONOMÍA

Paralelo al mejoramiento de variedades de ataco, el PRONALEG-GA llevó a cabo estudios de diferente índole, orientados a buscar alternativas dentro de la producción orgánica y mejoramiento de la tecnología del cultivo.

Con el objetivo de determinar la mejor fuente de materia orgánica para el desarrollo del cultivo de ataco o amaranto y comparar la calidad nutricional de los tratamientos con materia orgánica, fertilizante químico y sin ninguna fuente de nutrientes se condujo la siguiente investigación:

Se utilizó semilla de la línea ECU-4697 y de la variedad tradicional proveniente de Chimborazo. Como fuente de materia orgánica se estudió el abono de cuy (10 t/ha), abono de bovino (20 t/ha), gallinaza (6 t/ha) y abono de ovino (15 t/ha), comparando con la fertilización química (150-130-50 de N-P-K/ha usando 10-30-10, muriato de potasio y urea) y un testigo absoluto sin fertilización. El ensayo se ubicó en dos localidades (ITASR y Granja CEYPSA - U. Técnica de Cotopaxi) en la provincia de

Cotopaxi, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones en cada localidad y en parcelas de cinco surcos de 5 m de largo, distanciados a 0.6 m.

Se registraron datos de días al panojamiento, días a la floración, tamaño de panoja, altura de planta, rendimiento de 50 plantas y peso hectolítrico.

El análisis de varianza presentó diferencias estadísticas significativas entre líneas para días a la floración y diferencias altamente significativas entre líneas para altura de planta, tamaño de la panoja y peso hectolítrico en kg/hl; mientras que para las diferentes fuentes de fertilización, se observó diferencias estadísticas altamente significativas para la variable altura de planta.

La línea del agricultor fue la más tardía de acuerdo a los días a la floración, así como también la más alta, con la panoja más grande, mayor rendimiento y mayor peso hectolítrico (**Cuadro 13**).

**Cuadro 13.** Promedios y rangos para días a la floración (DF), altura de planta (AP), tamaño de panoja (TP), rendimiento de 50 plantas (RCP) y peso hectolítrico (PH) de dos líneas de ataco o amaranto de grano negro. Latacunga, Cotopaxi, 2004.

<b>Líneas</b>	<b>DF</b>	<b>AP (cm)</b>	<b>LP (cm)</b>	<b>RCP (g)</b>	<b>PH (kg/hl)</b>
ECU-4697	127	1.06	23.2	454.6	78.72
Agricultor (Chimborazo)	131	1.67	41.2	482.1	82.72

El efecto de las diferentes fuentes de fertilización se observó solo en el tamaño de planta y el rendimiento de 50 plantas con el estiércol de bovino, mientras que el mayor peso hectolítrico se obtuvo con estiércol de cuy (**Cuadro 14**).

**Cuadro 14.** Promedios y rangos para altura de planta (AP), rendimiento de 50 plantas (RCP) y peso hectolítrico (PH) de seis fuentes diferentes de fertilización de amaranto de grano negro. Latacunga, Cotopaxi, 2004.

<b>FUENTE DE FERTILIZACIÓN</b>	<b>AP</b>	<b>RCP (g)</b>	<b>PH (kg/hl)</b>
Testigo	1.29 a	447.2	79.8
Químico	1.33 ab	443.1	81.0
Ovino	1.33 ab	403.1	81.2
Cuy	1.35 abc	478.3	82.3
Gallinaza	1.41 bc	474.1	80.2
Bovino	1.46 c	563.4	79.8

Letras distintas indican diferencias significativas

Se concluye que el cultivo de ataco o amaranto negro tiene potencial para ser manejado bajo el sistema de producción orgánica. Sobre las fuentes de fertilización es necesario continuar con investigaciones más minuciosas.

En otra investigación, cuatro líneas promisorias de amaranto de grano negro fueron evaluadas bajo tres densidades de siembra con el fin de determinar la cantidad de semilla óptima para la siembra.

La investigación en campo, se realizó en la zona oriental de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, localizada en la provincia de Pichincha, cantón Quito a una altitud de 2720 m, con una precipitación anual de 1229 mm y temperatura media de 14.6 °C.

Se evaluaron las cuatro líneas de ataco con las densidades de 6, 9 y 12 kg/ha, de tal manera que de la interacción de los factores en estudio se generaron 12 tratamientos. El diseño experimental que se utilizó para la distribución de los tratamientos fue un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial (4 x 3), con tres repeticiones.

Se caracterizaron las líneas en estudio a partir de sus variables morfológicas como: tipo de ramificación, color de la panoja juvenil, color de la panoja madura, forma de la panoja, actitud de la panoja y densidad de la inflorescencia.

El rango de días a la emergencia de los tratamientos fue entre 23 y 25 días, para días al panojamiento existieron diferencias estadísticas significativas entre líneas.

ECU-4697 (t) mostró ser la línea más precoz con respecto a los días al panojamiento y a la floración.

Se concluyó que a pesar de que para el rendimiento neto, no existieron diferencias estadísticas, la combinación del ecotipo Chimborazo con 6 kg/ha, mostró el mayor promedio por hectárea con 617,14 kg.

En otra investigación (tesis) realizada por Iturralde y Román (2006), en la Hacienda Santa Isabel localizada a 1950 m (Salinas) y La Mesa a 2050 m (Pimampiro) en Imbabura, se evaluaron cinco líneas de grano blanco y cinco de grano negro o ataco.

En el **Cuadro 15**, se presenta la lista de las líneas de ataco y los rendimientos obtenidos experimentalmente y en el **Cuadro 16** se observan los promedios de las variables más importantes.

En un periodo de cinco meses se puede obtener rendimientos significativos, que en parcelas comerciales podrían generar en promedio, una tonelada de grano por hectárea.

**Cuadro 15.** Líneas de ataco o sangorache y rendimiento en kg por hectárea en Salinas y Pimampiro. 2006.





LÍNEAS	RENDIMIENTO (kg/ha)	
	SALINAS	PIMAMPIRO
ECU 0069	1203.71	723.36
ECU 0082	1265.16	826.57
ECU 4697	1481.16	582.65
CHIMBORAZO	1055.68	736.38
IMBABURA (t)	1634.49	1073.15
<b>Promedio</b>	<b>1328.04</b>	<b>788.42</b>

**Cuadro 16.** Promedios de datos agronómicos y morfológicos de cinco líneas de ataco evaluadas en Salinas y Pimampiro. 2006.

VARIABLES	SALINAS	PIMAMPIRO
Días a la emergencia	17	10
Número de plantas por metro lineal	23	41
Días al panojamiento	61	57
Días a la floración	83	82
Días a la cosecha	142	151
Altura de planta (cm)	208	188
Largo de la panoja (cm)	54	50
Diámetro de la panoja (cm)	10	7
Rendimiento de grano de 50 plantas (g)	508	225
Rendimiento de grano (kg/ha)	1328	788
Peso hectolítrico	82	80

En el **Cuadro 17**, se muestra la caracterización del color de la panoja madura (se utilizó la tabla de color Munsell), en el cual se observan colores morados muy intensos, con gran potencial de extracción de colorante.

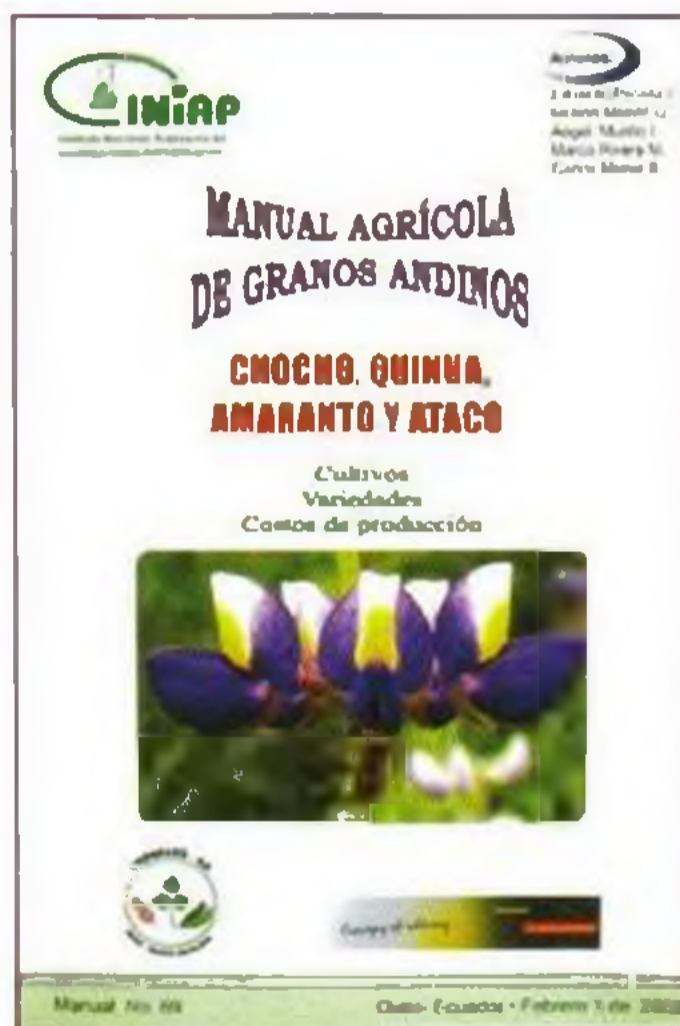
**Cuadro 17.** Color de la panoja madura de cinco líneas de grano negro, Salinas y Pimampiro. 2006.

ECU 0069 (5 R) 4/4	ECU 0082 (5 RP) 3/8	ECU 4697 (5 RP) 5/8	CHIMBORAZO (5 RP) 3/10	IMBABURA (T) (5 RP) 3/8
				

En el ensayo ubicado en Salinas se realizó una observación importante de tolerancia a suelos salinos. Junto al ensayo de amaranto y ataco se sembraron variedades de fréjol arbustivo, las cuales murieron a los pocos días de la emergencia, por cuanto no toleran la salinidad. El amaranto y el ataco presentaron una gran respuesta a este ambiente.

## MANEJO DEL CULTIVO

Para el manejo del cultivo, se recomienda revisar la publicación INIAP No. 69: Manual Agrícola de Granos Andinos (Peralta, E., *et al*, 2008).



## POTENCIAL AGROINDUSTRIAL

A más de los trabajos realizados en el área de mejoramiento genético y agronomía se desarrollaron investigaciones relacionadas con las posibilidades de uso de ésta especie en la agroindustria y consumo.

Para ampliar el uso del ataco a nivel nacional e internacional es necesario identificar sus potenciales agroindustriales y desarrollar productos con valor agregado. El amaranto de grano negro, además de su alto contenido de proteína, hierro y otros minerales, puede ser valorado por su colorante natural, para utilizarse como ingrediente alimenticio, en farmacología, cosmetología, etc.



El grano del ataco presenta un alto valor nutritivo, sus hojas también son aprovechadas como verdura y forraje, mientras que los glomérulos que contienen a las flores tienen un potencial de aplicación industrial en la extracción de colorantes.

Quintero & Garibay. (1993), añaden que el ataco, posee pigmentos tipo betalainas. Las más abundantes son las betacianinas (rojas) y en el ataco el pigmento que predomina es la Amarantina (rojo).

Ante la preocupación creciente de los consumidores por el uso de colorantes artificiales, los pigmentos del ataco, pueden tener una gran aplicación, orientándose a productos lácteos para niños, caramelos duros, chicles, postres de gelatina, mezclas en polvo para hacer bebidas, en repostería, helados, conservas vegetales, mermeladas, conservas de pescado y en preparados a partir de queso fresco.

Las betalainas del ataco, además de ser inocuas y de mejorar la apariencia de los alimentos, pueden contribuir con propiedades antioxidantes para neutralizar especies reactivas de oxígeno, las que se sabe, causan efectos deletéreos en macromoléculas como el ADN, las proteínas, los lípidos, etc., siendo esta una de las principales causas de enfermedades degenerativas (Gómez, 2000).

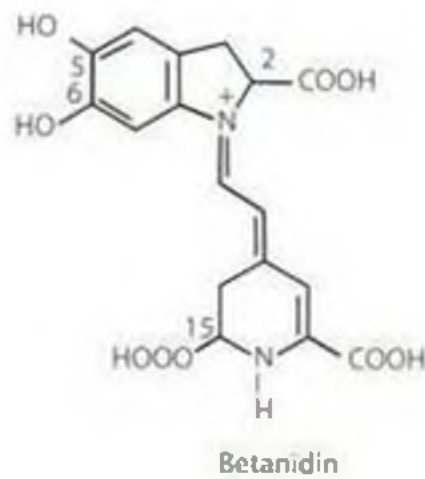
La presente investigación se orientó a la identificación de una nueva fuente de colorante natural y cuya explotación podría significar una fuente de ingreso para los agricultores de las zonas marginales de producción y emprendedores agroindustriales.

## COLORANTE DEL ATACO (Amarantina)

El ataco es rico en pigmentos naturales llamados betalainas (Pantanelli, 2000), los más abundantes son las betacianinas (rojas), guardan cierta relación con las antocianinas, que dio origen a la semejanza en los nombres. Actualmente se sabe que las betacianinas y antocianinas no existen juntas en la misma planta, ni siquiera en la misma familia de la planta (Ojeda, 1992).

Las betalainas constituyen las betacianinas (rojo-violeta) y las betaxantinas (amarillo), se caracterizan por ser solubles en agua, contienen nitrógeno en su estructura y se acumulan en las flores, frutas y de vez en cuando en el tejido vegetativo.

La estructura básica de betalainas se dilucidó en los años sesenta por medio del químico Wyler (1963), quien identificó a la betanidina (Cai *et al.* 1998), que es una aglicona derivado del indol producto de la hidrólisis de la Amarantina, (Pantanelli, 2000), (Figura 4).



**Figura 4.** Estructura básica de las betalainas.

Dependiendo del compuesto al cual la betanidina se une, toma el nombre, por ejemplo en la remolacha la betanidina en su posición 5, se une con un azúcar recibiendo el nombre de Betanina, pero en el *Amaranthus*, esta se une con una estructura proteica identificándose como amarantina 5-O-[2-O-(-D-glycopyranosyluronicacid)--D-glucopyranoside] de betanidina. "La Amarantina" se la denominó así para evitar confundirlo con el amaranthin, nombre que designa a la globulina, una proteína del *Amaranthus* (Cai *et al.*, 1998).

La amarantina, el colorante rojo violeta del ataco se caracteriza por ser soluble en agua y compuestos polares. Este pigmento ha sido utilizado en alimentos, bebidas, y repostería, principalmente en Estados Unidos, México, Bolivia, Ecuador y Argentina (Cai *et al.*, 1998). El pigmento rojo no es digerible, pasa a través del sistema digestivo sin sufrir cambios en el organismo, debido a la falta de enzimas apropiadas que metabolicen el colorante en el organismo. Por otro lado, ciertos individuos poseen una incapacidad heredada genéticamente para metabolizar la Amarantina, de esta manera este compuesto es eliminado por las heces y orina sin modificación (Gómez, 2000).

◆ **Condiciones óptimas de proceso para la extracción del colorante a partir de los glomérulos de la planta.**

Se trabajó con la línea de ataco ECU-4697 cultivada en Tumbaco (Pichincha), ubicada a 2450 m, con una temperatura promedio de 15°C.

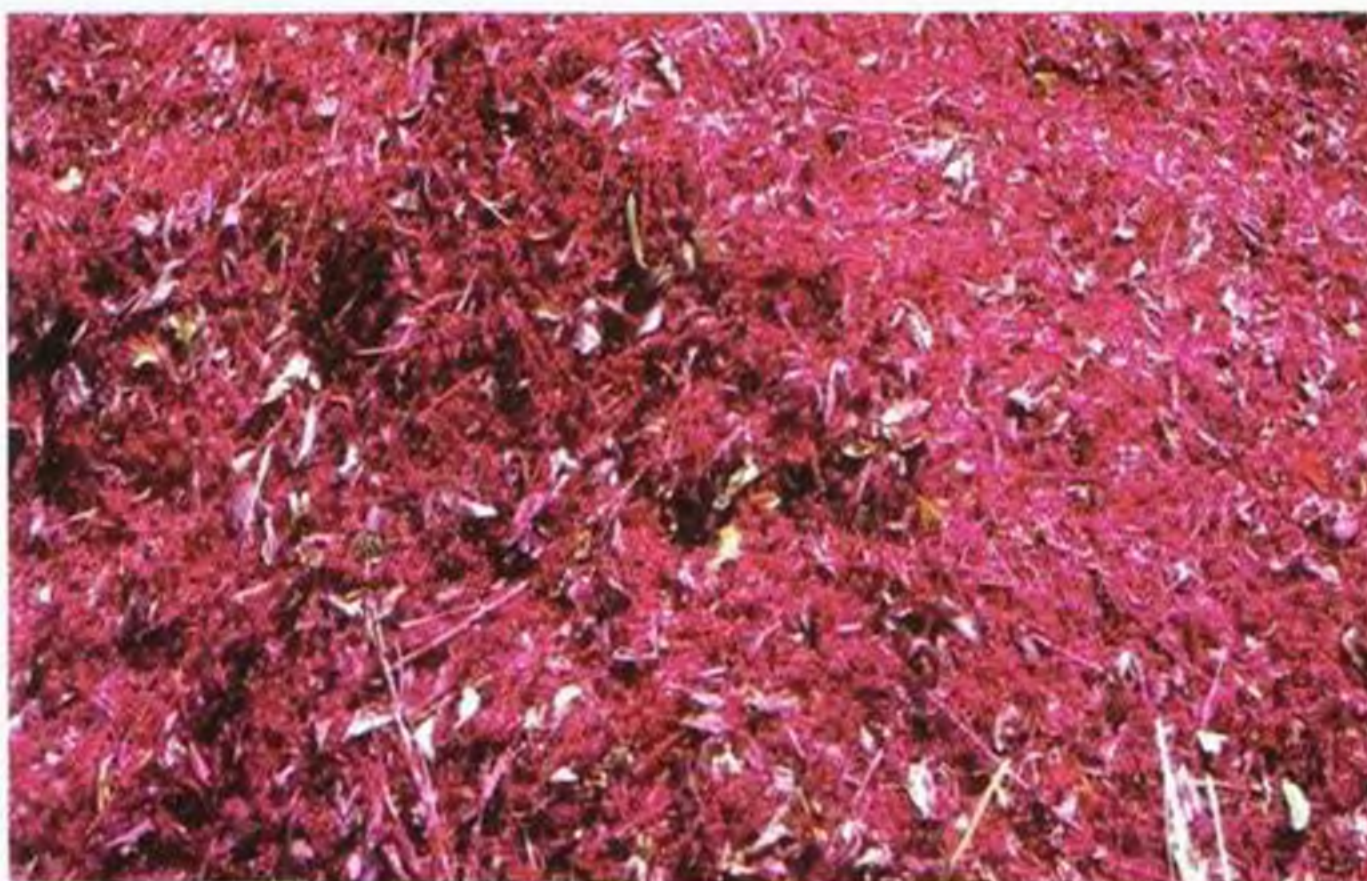
Una vez cosechadas las plantas, los glomérulos se separan de los otros constituyentes de la planta (hojas, tallos, raíz, semilla), se lavan con agua potable, se escurren y se secan a 35°C, los glomérulos deshidratados son triturados en un molino de aspas y se almacenan en recipientes herméticos y oscuros.

Según, Ojeda (1992), Polit (1973), Barrero & Carreño, (1999), los factores que más inciden en la extracción de colorantes vegetales son el sistema de solventes, la temperatura y el tiempo de contacto del vegetal con el medio de

extracción. El aumento de temperatura parece no tener un efecto notable en el proceso de extracción del pigmento colorante, ya que una mejor concentración de amarantina se logra a 16 °C antes que a 50 °C

El tiempo de contacto de los glomérulos con el solvente favorece el proceso de extracción hasta los 60 minutos, logrando en este periodo solubilizar y extraer todo el colorante contenido en una determinada porción de glomérulo; en los tiempos subsiguientes, la concentración de amarantina disminuye, posiblemente, debido a una degradación por efecto de los diversos factores físicos circundantes (luz, oxígeno, temperatura-tiempo, etc.).

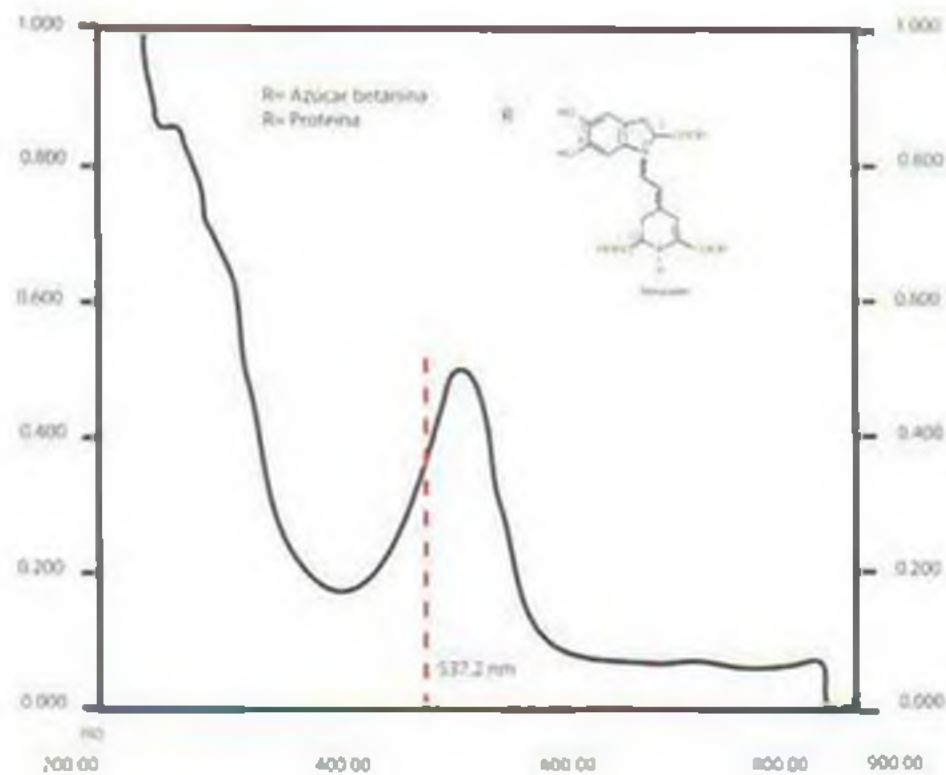
Las condiciones apropiadas para obtener un mayor rendimiento son: medio acuoso, tiempo de contacto (solvente/glomerulo) de 60 minutos, a una temperatura promedio de 16°C y con agitación constante. El extracto líquido obtenido es deshidratado por liofilización y se obtuvo un rendimiento del 12%.



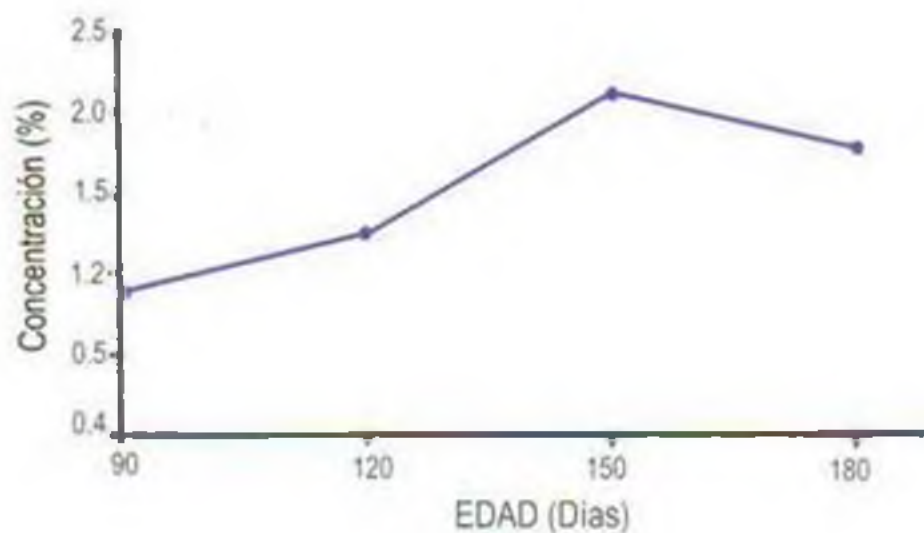
*Fotografía 12. Rastrojo de ataco o sangorache, después de la trilla, fuente de colorante.*

◆ **Longitud de onda de máxima absorción del extracto colorante.**

Del colorante extraído con agua destilada, se realizó un barrido en el espectro UV-visible, comprendido entre 200 a 800 nm., determinándose una la longitud de onda de máxima absorbancia en el UV visible a 537 nm. (Figura 5).



**Figura 5.** Espectro visible del extracto colorante de amarantina ( $A_{max} = 537.2$ ) en agua.



**Figura 6.** Concentración amarantina en diferentes etapas de crecimiento y desarrollo de la planta.

La planta presenta una máxima concentración de amarantina a los 5 meses de cultivo (Figura 6), sin embargo debido a que no se determinó una diferencia significativa en la concentración de amarantina entre los 5 y 6 meses de cultivo, se establece que la edad apropiada de cosecha es a los seis meses, debido a la oportunidad de aprovechar la semilla y los glomérulos como subproducto de la trilla.

◆ **Composición química del extracto colorante sólido.**

El análisis químico muestra que el componente predominante del extracto sólido es la proteína; resultado que concuerda con los datos obtenidos por Cai *et al.*, (1998). (Cuadro 18).

A diferencia de las betacianinas de la remolacha, en cuya estructura predominan los azúcares; las betacianinas del ataco, presentan radicales enlazados fundamentalmente a las proteínas, seguramente porque éste componente es el predominante en las semillas y hojas de la planta.

Los azúcares totales (11.72 %) y reductores (8.7 %), sobresalieron en el extracto sólido componentes que podrían estar relacionados con el carácter hidrosoluble del colorante.

**Cuadro 18.** *Composición química del extracto colorante sólido.*

<b>Componentes</b>	<b>Valores</b>
Proteína Total (%)	30.53
Grasa (%)	0.51
Azúcares Totales (%)	11.72
Azúcares Reductores (%)	8.7
Sólidos Totales (%)	80.73
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (%)	3.1
Amarantina (%)	6.85
Humedad (%)	11.42
Poder antioxidante (Micromoles de trolox / g)	323*
Cenizas (%)	2.68
Fibra bruta (%)	0.25
Calcio (%)	0.15
Magnesio (%)	1.02
Sodio (%)	0.06
Potasio (%)	8.5
Cobre (ppm)	18
Hierro (ppm)	77

Fuente: Departamento de Nutrición y Calidad. INIAP. (2005).

\*Reporte de análisis, Universidad de Costa Rica.

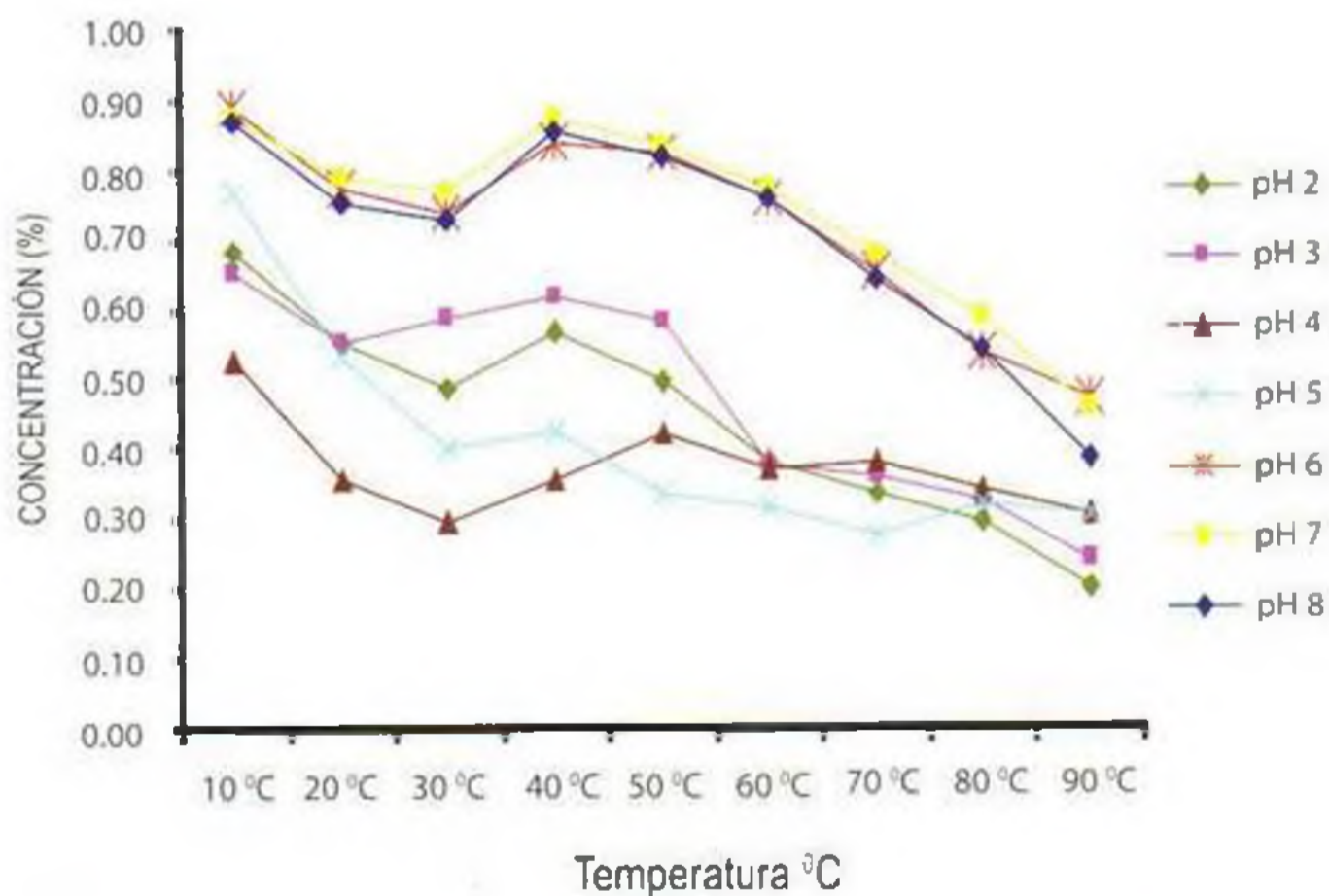
Los nitratos se presentaron en una proporción del 3.1% (0.031 g de ión nitrato/g de colorante), valor inferior al límite permisible (2 mg de ión nitrato/g de colorante) establecido por el sistema CONSLEG de la Oficina de Publicaciones Oficiales de la Comunidad Europea (2001), para los colorantes utilizados como aditivos alimentarios.

La capacidad antioxidante de la Amarantina ( $323 \pm 12.4$  Micromoles de trolox/g) del ataco es superior al de la remolacha ( $115 \pm 36$  micromoles de trolox/g) y la pitahaya ( $100 \pm 36$  micromoles de trolox/g), por lo que se puede considerar al extracto como un **producto funcional**, apto para **prevenir los procesos de oxidación** que se producen en el cuerpo humano por diferentes causas (Ver ANEXOS).

Los datos de fibra y minerales ayudan a evaluar la efectividad del proceso de extracción, y cuanto menor es el valor de estos parámetros, más selectivo es el proceso de extracción y el colorante obtenido, es más puro.

◆ **Estabilidad del extracto líquido a diferentes condiciones de proceso.**

La estabilidad del extracto líquido envasado en frascos ámbar, se evaluó en un rango de pH 2 - 8 y a temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 °C. El pigmento presentó una mayor estabilidad en el rango de pH 6 a 8 y a temperaturas de 10 y 40 °C manifestada en el color rojo - violeta permanente del extracto. A pH 3 y 40 °C, también se observó cierta estabilidad, registrándose una concentración de amarantina de 0.619 % (Figura 7), determinándose que el extracto puede utilizarse como aditivo colorante en alimentos cuyo pH y temperatura se enmarquen en los rangos mencionados.



**Figura 7.** Estabilidad de la amarantina a diferentes condiciones de pH y temperatura.

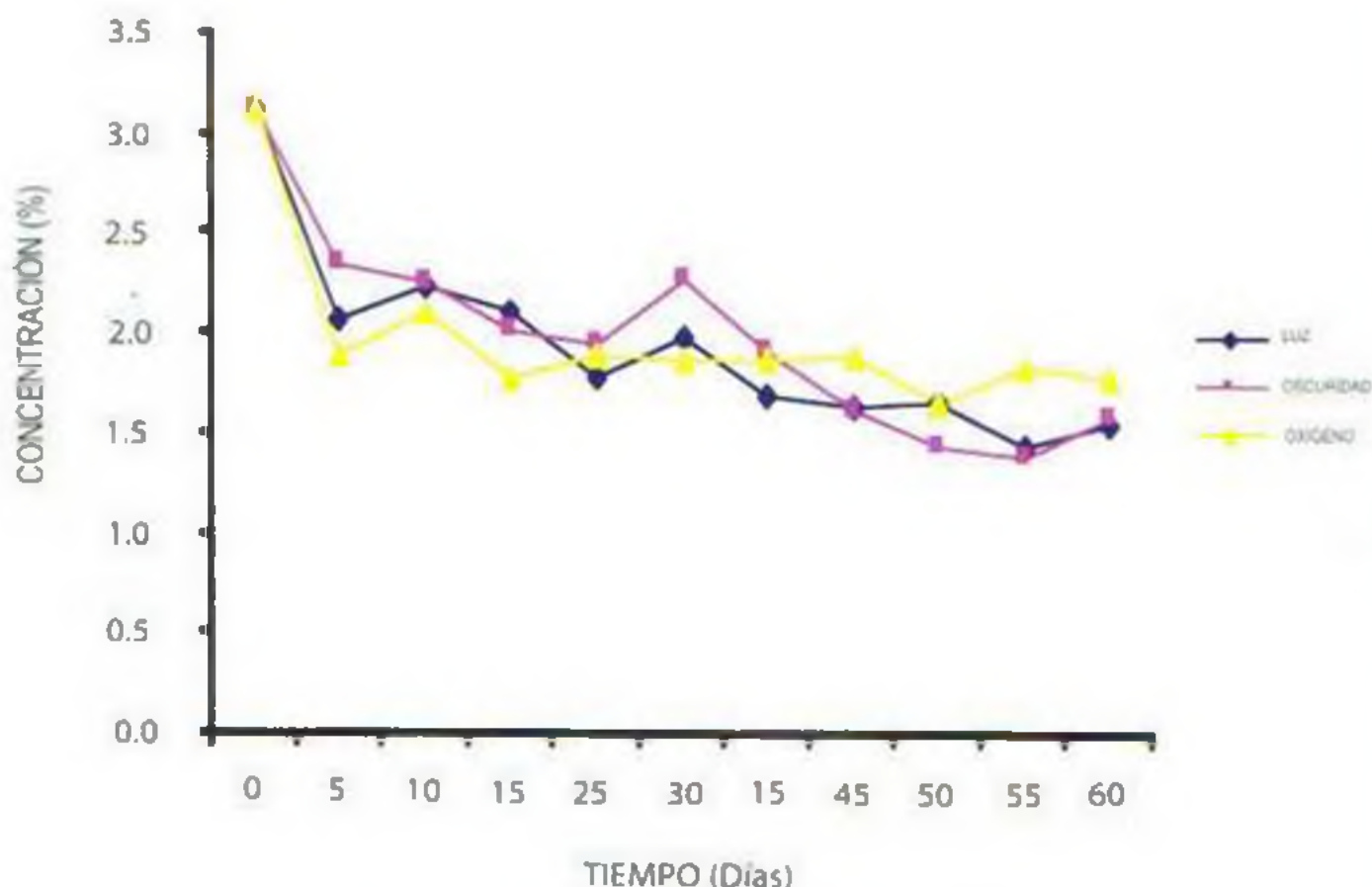
◆ **Estabilidad del extracto colorante sólido y líquido a diferentes condiciones de almacenamiento.**

Las pruebas de estabilidad se realizaron al pH natural del extracto, esto es pH = 6. Los factores físicos circundantes al extracto juegan un papel predominante en la estabilidad, observando que el pigmento es fotosensible y degradable en presencia de oxígeno. Con el concurso de estos factores, la vida útil del colorante líquido se redujo a 25 días, almacenada a 17°C y 50 % de humedad relativa.

La luz resultó ser el factor más negativo, debido a que provoca una alteración de los grupos cromóforos, claramente perceptible por la disminución en la tonalidad del color, pasando de rojo-violeta a amarillo-transparente. Alicuotas del extracto, almacenadas en frascos de vidrio, color ámbar, presentaron una tendencia similar de degradación que las muestras envasadas en frasco de vidrio transparente.

La modificación de la atmósfera del envase, mediante inyección de CO<sub>2</sub> (0.1%), afectó drásticamente la estabilidad del pigmento, disminuyendo la concentración de amarantina a la mitad de su contenido inicial, en los primeros cinco días de almacenamiento.

La tendencia de degradación del colorante hasta los 5 días de almacenamiento fue similar en las muestras envasadas en frascos de vidrio oscuro y transparente (**Figura 8**), sin embargo las muestras envasadas en recipientes ámbar, presentan una mayor concentración de amarantina al final del ensayo.



**Figura 8.** Estabilidad del extracto.

De los ensayos de almacenamiento, se determinó que la estabilidad del extracto sólido es mayor que la de extracto líquido, pudiendo deberse este resultado, a la baja actividad de agua ( $A_w=0.52$ ) que presenta el pigmento en estado sólido; característica física que confiere mayor estabilidad al pigmento frente a la acción de los agentes físicos desencadenantes de la degradación, como el oxígeno, la luz, etc. Los resultados obtenidos orientan la presentación comercial del extracto en estado sólido antes que líquido.

◆ **Costo de producción.**

Se estableció un costo de producción de \$ 82,69 por cada unidad de 5,45 kg de colorante sólido, con un precio de venta de \$ 107,49 para obtener una utilidad del 30 %.



*Fotografía 13. Colorante en polvo, obtenido en laboratorios del INIAP.*

## **TECNOLOGÍA DE ELABORACIÓN DE TISANAS MEDICINALES EN BASE A LOS GLOMERULOS DEL ATACO.**

Los beneficios sanitarios de muchas plantas se conocen desde la antigüedad. Muchos medicamentos, como la aspirina, han derivado de estas. El problema de usarlas de este modo es que son difíciles de dosificar y en cantidades excesivas pueden ser perjudiciales. Por ello, las infusiones constituyen una forma de balancear las funciones beneficiosas de las plantas para el organismo. Las infusiones más comunes y conocidas en nuestra cultura no son medicamentos sino que se usan para impartir sabor, aroma y bienestar a los consumidores, aunque algunas pueden suministrar propiedades beneficiosas para la salud.

Los glomérulos del ataco contienen pigmentos colorantes tipo amarantina, los mismos que pueden servir no sólo para mejorar la apariencia de varios productos y bebidas alimenticias, sino también como materia prima para la



preparación de tisanas medicinales, debido a su riqueza en polifenoles y otros compuestos bioactivos. Por lo que a través de este estudio se pretende aprovechar los atributos funcionales de esta especie en la elaboración de una tisana, para promover su uso como "tè andino".

**Cuadro 19.** Efecto del secado sobre los componentes fitoquímicos de los glomérulos del ataco.

PARAMETRO	Técnica de secado			
	Liofilización	Aire Forzado	Invernadero	Ambiente
<b>Polifenoles totales</b> mg ac. galico/g muestra	32,98626	25,61421	29,55665	21,07751
<b>Taninos</b> mg /g muestra	6,867471	3,576937	5,022957	3,585174
<b>Antocianinas</b> nm	0,577653	0,510922	0,559752	0,547829
<b>Humedad %</b>	7,73	8,14	8,65	9,40

Fuente: Iñiguez, (2008).

De los componentes funcionales considerados en el **Cuadro 19**, los taninos experimentaron mayor pérdida por efecto del proceso de secado, alcanzando niveles del 48 % cuando el proceso se realiza en estufa con aire forzado (40°C) y al ambiente (17°C). El contenido de polifenoles totales también disminuyó hasta 21,07 mg/g, cuando el secado se llevó a cabo en condiciones ambientales, lo cual representa una pérdida del 36%, con respecto al valor obtenido cuando el proceso se realiza por liofilización. Concluyéndose que esta es la técnica más apropiada para disminuir el contenido de humedad de los glomérulos sin afectación adversa de los compuestos fitoquímicos de interés.

El nivel de humedad alcanzado mediante la aplicación de la liofilización (7,73%), garantiza una mayor estabilidad del producto envasado durante el almacenamiento y la comercialización.

#### **Influencia del tamaño de partícula, en la preparación de la tisana.**

Para que una tisana tenga un buen nivel de aceptabilidad por el consumidor, es necesario determinar el tamaño de partícula apropiado que permita una rápida hidratación del material contenido en el envase, lo que a su vez incide en el contenido de minerales, sólidos totales y color de la bebida lista para el consumo. Los parámetros mencionados, se cuantificaron en una tisana preparada a partir de un gramo de glomérulos, envasados en funda de celulosa y sumergidos en 300 ml de agua caliente (89°C) durante 3 minutos.

El menor contenido de sólidos totales en la tisana final, correspondió a los glomérulos triturados y tamizados en un tamiz con abertura de 0.5 mm de diámetro, sin embargo este valor no difirió sustancialmente del obtenido con los glomérulos tamizados en un tamiz con abertura de 1 mm (**Cuadro 20**).

**Cuadro 20.** Contenido de sólidos totales en la tisana preparada a partir de glomérulos del ataco.

Tamaño de partícula	Sólidos Totales
0.5 mm	0.1146 <sup>a</sup>
1 mm	0.1205 <sup>ab</sup>
1.7 mm	0.1252 <sup>b</sup>

### Contenido de minerales.

Una tisana de glomérulos del ataco no solo presenta un aporte de componentes benéficos para la salud (fitoquímicos), sino también para la nutrición, a través de los minerales hidrosolubles que pasan al agua de infusión. En el **Cuadro 21**, se muestra que el tamaño de partícula de los glomérulos influye en la concentración de minerales, determinándose mayores contenidos en el magnesio, sodio y zinc, para tamaños de partícula de 1 mm.

**Cuadro 21.** Contenido de minerales en una tisana\* de glomérulos del ataco.

	Ca	Mg	Na	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamientos	mg/100 ml					µg/100ml			
1 mm	2.01 <sup>a</sup>	1.43 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	0.33 <sup>a</sup>	2.0 <sup>a</sup>	17.0 <sup>b</sup>	12.5 <sup>a</sup>	14.0 <sup>a</sup>
0.5 mm	2.1 <sup>a</sup>	1.11 <sup>b</sup>	1.05 <sup>b</sup>	9.94 <sup>a</sup>	0.3 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a</sup>	20.5 <sup>a</sup>	12.0 <sup>a</sup>	12.0 <sup>b</sup>

\*Porción de 300 ml

### Contenido de compuestos fitoquímicos en la infusión de ataco.

Se evaluó el contenido de polifenoles, antocianinas y taninos en la tisana para determinar el aporte final al consumidor, a través de la ingesta de 300 ml de infusión, ya que el contenido reportado para los glomérulos del ataco es diferente al de la tisana, debido a la dilución de los compuestos en el agua a 89°C.

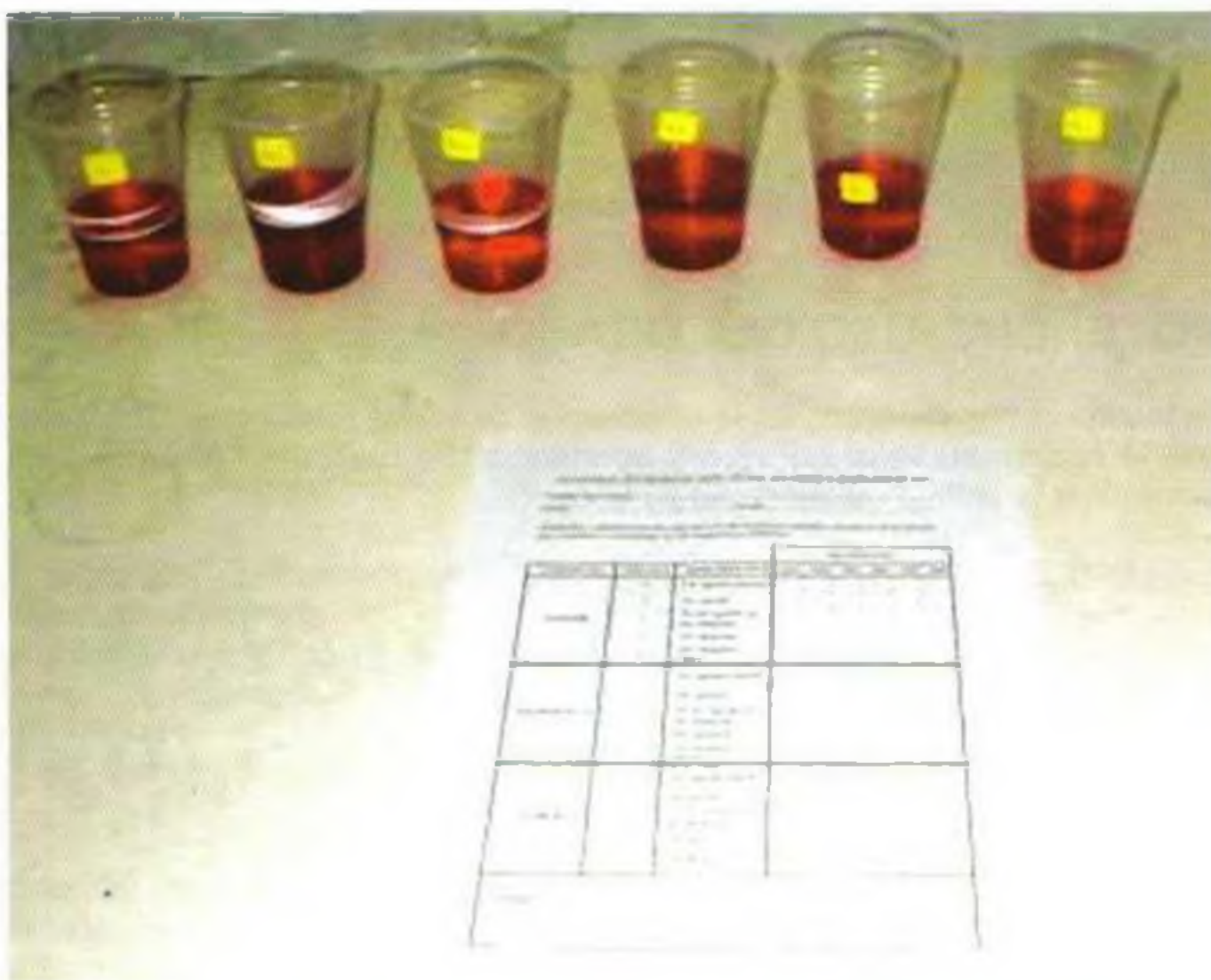
La tisana preparada a partir de 1 g de glomérulos de ataco, con un tamaño de partícula de 0.5 mm y envasada en celulosa presenta el siguiente aporte de componentes funcionales, por cada 300 ml de infusión.

Polifenoles:	26,98 mg	(expresado como ácido gálico)
Taninos:	1,76 mg	(expresado como ácido tánico)
Antocianinas:	0,033 nm	

Según Mattivi (2002), la ingesta diaria de polifenoles en occidente es de 1 g/día, según esta cifra, la ingesta diaria de una tasa de infusión aportaría con el 5 % de la cantidad mencionada.

### Evaluación sensorial

Las tisanas preparadas a partir de glomérulos liofilizados, con un tamaño de partícula de 0.5 mm y envasadas en funda de celulosa termosellable, alcanzaron la mayor calificación (9/10) en la evaluación realizada con panelistas entrenados, correspondiendo la mayor preferencia al atributo "color".



*Fotografía 14. Disposición de muestras para el análisis sensorial.*

### Costo de producción

El costo de producción de una caja de tisanas con 25 sobres de 1 g, es de \$ 2,30, valor elevado con respecto a sus homólogos comerciales, debido a la liofilización, técnica utilizada para el secado de los glomérulos del sangorache, la cual elimina la humedad, con una afectación mínima de los componentes nutricionales y funcionales.



*Fotografía 15. Pruebas para bebidas refrescantes, a nivel de laboratorio.*

## POTENCIAL USO DEL GRANO

La incorporación del grano en la elaboración de varios productos alimenticios podría realzar su valor nutritivo y apariencia. Se realizaron pruebas para determinar la aptitud del ataco en panificación.

Específicamente se buscó determinar el grado de preferencia y comparar el valor nutritivo del pan a base de harina de trigo con y sin semilla de amaranto de grano negro, además de identificar el tratamiento con mayor beneficio económico tanto en el cultivo de amaranto como en la elaboración del pan.

Se trabajó con dos líneas con alta capacidad de reventado (entre 62% y 75%), posiblemente debido a su mayor contenido de amilosa.

Al comparar el contenido nutricional entre el pan de trigo con semilla de ataco con el pan de trigo sin esta semilla, se encontró que el primero presentó el mayor contenido de fibra (2.25%), potasio (0.24%), hierro (140 ppm) y manganeso (17 ppm).

De los resultados de la evaluación sensorial del pan en cuanto a apariencia, sabor y color, se determinó que la ECU-4697 es la mejor para ser incorporada en el pan de trigo, aportando con un contenido promedio de proteína de 15.31%. La digestibilidad de la proteína del pan de trigo con y sin semilla de ataco fue 95% y 100%, respectivamente; concluyéndose que la proteína del grano de ataco después de ser pre tratada, es fácilmente asimilada por el tracto digestivo.

A pesar de que el pan con semilla de ataco contribuye a mejorar el valor nutritivo, no es la mejor alternativa económica ya que la incorporación del ataco eleva el costo del pan.

## OTROS USOS EN LA ALIMENTACIÓN

Estrella, E. (1986), en su libro "El Pan de América", señala que el "ataco", "sangorache" o "sanguracha", *Amaranthus caudatus* o *Amaranthus quitensis*, var. *Sangorache*, es una planta de hojas amplias, con inflorescencia de color rojo. Tradicionalmente se han usado en ensaladas y comidas ceremoniales, tal es el caso de la "colada morada" que se come el día de los difuntos. En quichua, este plato ceremonial se llama "aya-apa", colada o mazamorra de los muertos, y fue un alimento que formó parte de la vida ritual indígena.

Cuando se realizó la recolección del germoplasma de ataco o sangorache en el país (1982), al recabar de los agricultores la información sobre los usos que se daba a esta especie, mencionaron que se utilizaba como medicina natural a través de una infusión de hojas y panoja, para aliviar molestias de riñones y menstruales.

En la sierra centro-norte, se utiliza la panoja para dar color a la clásica "colada morada" en tiempo de difuntos (noviembre).



**Fotografía 16.** *En la tradicional "colada morada", el ataco es un ingrediente que aporta con el color característico.*

En Cañar y Azuay se hace hervir la panoja con limón y canela, se agrega azúcar y licor de caña (aguardiente) y se prepara los llamados "draques".



*Fotografía 17. Tradicionales "draques" de Cañar y Azuay, coloreados con agua de ataco o sangorache.*

Los afroecuatorianos de la Concepción, Carchi, mencionaron que usaban las hojas tiernas como hortaliza o verdura en la preparación de sopas o una ensalada conocida como "jaucha". Los autores creemos que estas hojas fueron del bledo (*Amaranthus blitum*), que crece en abundancia en el lugar, en forma de maleza.

En el PRONALEG-GA del INIAP a partir del 2002, se han iniciado trabajos preliminares sobre el potencial uso que se puede dar al grano.

En forma preliminar, se procedió a moler el grano en un molino experimental, obteniéndose harina de color morado con alto contenido de fibra, con la cual se procedió a preparar "*colada morada*" que fue degustada por un grupo de personas que en general manifestaron su agrado por la preparación.

Por otra parte, se tomaron muestras de algunas colecciones nacionales (*A. hybridus*) y se expusieron a la acción del calor con el objeto de determinar su capacidad de expansión o reventado. Esta especie, a diferencia del amaranto blanco (*A. caudatus*) variedad INIAP-Alegría, mostró cierto grado de dificultad en el reventado. Sin embargo, se comprobó que al poner grano negro completamente seco en un recipiente muy caliente, sin aceite, el grano se expande; pudiendo ser consumido directamente o en granola.



*Fotografía 18. Grano reventado de amaranto blanco.*



*Fotografía 19. Grano expandido de ataco o sangorache.*

La FAO (1997), señala que el almidón del amaranto posee propiedades únicas que le presentan como una alternativa potencial de la industria de alimentos, ya que en productos enlatados podría actuar como coloide protector para reducir o prevenir la desnaturalización de las proteínas.

Algunos componentes menores del amaranto negro son los polifenoles condensados, en el pasado tenían estigmas negativos, pero varios estudios recientes asignan a estos compuestos determinadas propiedades beneficiosas como antioxidantes y antiarterioescleróticos.

De lo expuesto, se deduce que el amaranto tiene valor económico. Se puede convertir en productos convencionales de tipo cereal mediante la molienda, reventado, expandido, perlado y extrusión, pero además, dada la estructura especial de su semilla y que el embrión está cargado de aceite y proteína, se podrían obtener nuevos productos mediante procesos adaptados a este grano. Estos productos aportarían con cantidades moderadas de nutrientes alimentarios y su consumo ayudaría a prevenir o retrasar el desarrollo de enfermedades como la diabetes, la artritis, el cáncer y la arterioesclerosis. Sin embargo, es preciso aclarar que la ingesta del grano, no alivia los síntomas de enfermedades ya existentes.

Al ser así, se abren nuevas líneas de investigación para el uso de un grano estratégico por el contenido y calidad de proteína, el contenido de fibra, y otros para valorizar y ubicar en un mejor lugar de uso.



*Fotografía 20. Refresco de ataco o sangorache ofrecido a los atletas en el lanzamiento de la 1ra. Maratón de Quito, (23 de junio de 2007).*



## COMPARACIÓN DEL VALOR NUTRITIVO DEL ATACO O SANGORACHE CON RESPECTO AL AMARANTO BLANCO Y OTRAS ESPECIES ALIMENTICIAS.

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

Basados en el mismo interés manifestado anteriormente, por su potencial alimenticio, se realizó el análisis de los contenidos nutritivos del amaranto negro y se comparó con el amaranto de grano blanco y otros alimentos de uso frecuente, cuyos resultados (en base seca) se presentan en el Cuadro 22.

**Cuadro 22.** Análisis proximal y de minerales del grano de ataco, amaranto blanco, quinua, arroz, maíz y fréjol.

CARACTERÍSTICA	ATACO	AMARANTO BLANCO	QUINUA	ARROZ	MAÍZ	FREJOL
Humedad (%)	13.7	11.4	13.7	12.4	11.8	7.5
Proteína (%)	14.3	18.7	13.9	7.6	7.7	21.5
Fibra cruda (%)	13.9	9.8	8.69	2.4	2.4	10.0
E.L.N (%)	61.9	62.2	68.77	84.4	83.2	62.6
Cenizas (%)	3.58	4.6	3.7	3.4	1.7	4.6
Grasa (%)	6.18	4.6	4.95	2.2	5.0	1.21
Calcio (%)	0.30	0.16	0.08	0.02	0.01	0.21
Fósforo (%)	0.61	0.61	0.59	0.18	0.27	0.48
Magnesio (%)	0.35	0.24	0.31	0.08	0.13	0.19
Potasio (%)	0.60	0.60	0.95	0.12	0.48	1.66
Sodio (%)	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Cobre (ppm)	10.0	9.0	10.0	4.0	4.0	13.0
Fe (ppm)	68.0	90.0	108.0	34	30.0	98.0
Mn (ppm)	44.0	24.0	36.0	7.0	7.0	11.0
Zinc (ppm)	44.0	42.0	34.0	24.0	24.0	36.0
Energía (Cal/100 g)	361	459	453.08	364	361	361

Elaboración: Eduardo Peralta y Elena Villacrés

Fuente: Departamento Nutrición y Calidad, INIAP-2003

Los datos del Cuadro 22, muestran que el grano de amaranto negro o ataco producido con abonamiento orgánico presenta un contenido nutritivo comparable al amaranto de grano blanco, quinua, etc.; por lo que es trascendental investigar la producción y los contenidos nutritivos, bajo diferentes fuentes de abonamiento orgánico.

Varios estudios han demostrado que la proteína de amaranto tiene un contenido adecuado de lisina y de aminoácidos azufrados, en relación con el patrón de referencia de FAO/OMS/UNU. En el Cuadro 23, se observa que la

proporción de aminoácidos esenciales del amaranto negro, es significativamente mayor que la de muchas otras proteínas de origen vegetal y quizá la mejor de todas.

**Cuadro 23.** Comparación del contenido de aminoácidos (g en 100 g de muestra) entre el ataco o amaranto negro, amaranto blanco, quinua y chocho.

AMINOÁCIDO	AMARANTO NEGRO INIAP ATACO	AMARANTO BLANCO INIAP ALEGRÍA	QUINUA INIAP TUNKAHUAN	CHOCHO INIAP 450 ANDINO
Acido aspartico	1.23	1.17	1.18	4.59
Treonina	0.42	0.5	0.51	1.23
Serina	1.31	0.88	0.58	2.03
Acido glutámico	2.15	2.67	2.14	10.93
Prolina	0.46	0.54	0.46	1.42
Glicina	1.76	1.26	1.82	1.77
Alanina	0.46	0.53	0.65	1.39
Cistina	0.05	0.12	0.08	0.19
Valina	0.61	0.56	0.64	1.49
Metionina	0.18	0.20	0.15	0.16
Isoleucina	0.46	0.51	0.52	1.82
Leucina	0.71	0.79	0.86	2.75
Tirosina	0.35	0.53	0.44	1.44
Fenil Alanina	0.53	0.59	0.57	1.44
Histidina	0.37	0.39	0.39	1.06
Lisina	0.61	0.80	0.74	1.79
Arginina	1.04	1.27	0.80	3.04

Elaboración: Eduardo Peralta y Elena Villacrés.

Fuente: Laboratorio DNC-INIAP-2003

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

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

Con respecto a los minerales, los dos elementos importantes para la salud humana son el calcio y el hierro. Cien gramos de amaranto negro pueden aportar el 46% de la ingesta diaria recomendada de calcio y junto con la quinua pueden aportar el total de la ingesta diaria recomendada de hierro. Este hecho es importante en regiones donde las principales fuentes de calcio y hierro son vegetales.

## COSTOS DE PRODUCCIÓN 1 ha DE ATACO O SANGORACHE CON TECNOLOGÍA INIAP, 2008.

Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario \$	Valor total \$	%
<b>A. COSTOS DIRECTOS (CD)</b>					
<b>1. Preparación del suelo</b>					
Arada	horas/tractor	4	20	80	
Rastrada	horas/tractor	2	20	40	
Surcado	horas/tractor	2	20	40	
Subtotal preparación del suelo				<b>160,00</b>	12,11
<b>2. Mano de obra</b>					
Siembra	jornal	6	7	42	
Fertilización	jornal	2	7	14	
Aplicación de insecticida	jornal	1	7	7	
Deshierba	jornal	20	7	140	
Aporque	jornal	20	7	140	
Cosecha y trilla	jornal	25	7	175	
Subtotal mano de obra				<b>518,00</b>	39,21
<b>3. Insumos</b>					
Semilla INIAP	kg	12	3	36	
Fertilizante	kg	200	1.6	320	
Insecticidas	kg	1	10	10	
Costales	costal	18	0.20	3.6	
Subtotal insumos				<b>369,60</b>	27,98
SUBTOTAL(CD)				<b>1047,60</b>	(79,30)
<b>B. COSTOS INDIRECTOS (CI)</b>					
Interés (7 % subtotal CD)				73,33	5,55
Arriendo de una ha/ ciclo				200,00	15,14
SUBTOTAL(CI)				<b>273,33</b>	(20,69)
<b>TOTAL DE COSTOS (CD+CI)/ha</b>				<b>\$ 1320,93</b>	<b>100</b>
Promedio de cosecha		<b>1000 kg</b>			
Costo de cada kg:		<b>\$ 1,32</b>			
Costo de 45 kg:		<b>\$ 59,40</b>			

### Importante:

*Los costos de producción son referenciales, pueden variar con la época, la localidad, la variedad, tipo de suelos, riego, costos de los insumos, factores climáticos, bióticos, mano de obra, maquinaria, tradiciones o costumbres en las labores culturales, etc.*

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, B. y Balseca, G. 2005. Evaluación de cuatro líneas de amaranto negro (*Amaranthus* sp.), bajo tres densidades de siembra y su aprovechamiento en panificación. Tesis Ing. Agropecuario. Facultad de Ciencias Agropecuarias (IASA). Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui, Ecuador. 129 p.
- Barrero, M., R. Carreño. 1999. Evaluación de los Pigmentos de Cúrcuma Cultivada en Venezuela. *AGRONOMÍA TROPICAL*. Venezuela. 49 (4): 24.
- Cai Y, Sun M, Wu H, Huang R, Corke H. 1998. Characterization and Quantification of Betacyanin Pigments from Diverse *Amaranthus* Species.. *Journal of agricultural and food chemistry*., Hong Kong. Vol. 46 (6).. p. 2064-2070., [www.Occ.cccd.edu/online/fvisco/betacyanin\\_6.pdf](http://www.Occ.cccd.edu/online/fvisco/betacyanin_6.pdf).
- Cai Y, Sun M, Wu H, Huang R, Corke H. 1998. Introduction Pigment Plants Betalain. *Journal of agricultural and food chemistry*. Hong Kong. Vol. 46 (3). p: 1-7 <http://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/02/03H029/t2.pdf>
- Coons, M. 1977. The status of *Amaranthus hybridus* L. in South America. *Ciencia y Naturaleza*. Revista del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. Vol. XIX y XX. 77, 81, 87 p.
- Estrella, E. 1986. El Pan de América: etnohistoria de los alimentos aborígenes en Ecuador. Tercera Edición. FUNDACYT, 1998. Cicetronic Offst. Quito, Ecuador. 257 p.
- Enríquez, C., E. Villacrés, E. Peralta., y G. Insuasti. 2006. Extracción y caracterización del colorante del ataco (*Amaranthus hybridus* L.), con potencial de aplicación como aditivo alimentario. In. Memorias del XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos. INIAP, PUCE. 24 – 27 de julio de 2008. Quito, Ecuador. pp. 39.
- Enríquez, C. 2004. Extracción y caracterización del colorante del ataco (*Amaranthus hybridus* L.), con potencial de aplicación como aditivo alimentario. Tesis de Doctor en Bioquímica y Farmacia. Escuela Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Riobamba, Ecuador. 96 p.
- Gómez E. 2000. El Betabel - Remolacha- Beterraga., *Alimentos que curan.*, Argentina., volumen 2., p. 15-22. Disponible en: [www.alimentaciónsana.com.Ar/informaciones/alimentoscuran/betabel](http://www.alimentaciónsana.com.Ar/informaciones/alimentoscuran/betabel).
- Hauptli, H. 1977. Agronomic potencial and breeding amaranth. Proc. First. *Amaranth Semin.* Emmaus, Pa.
- INIAP. 2007. Informe Técnico del Programa de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

- INIAP. 2006. Informe Técnico del Programa de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- INIAP. 2005. Informe Técnico del Programa de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- INIAP. 2004. Informe Técnico del Programa de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- INIAP. 2003. Informe Técnico del Programa de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- INIAP. 2002. Informe Técnico del Programa de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.
- Iñiguez, D. 2008. Desarrollo y aplicación de la tecnología de secado en la elaboración de una tisana con base a hojas de jicama (*Smallanthus sonchifolius*) y glomérulos de ataco (*Amaranthus hybridus*). Tesis previa a la obtención del título de ingeniero agroindustrial. INIAP-Escuela Politécnica Nacional. Quito. 80 p.
- Iturralde, S. y P. Román. 2006. Evaluación de cinco líneas de amaranto de grano blanco y cinco líneas de amaranto negro (*Amaranthus* spp.) en Salinas y Pimampiro, Imbabura. Tesis Ing. Agropecuario. Facultad de Ciencias Agropecuarias (IASA). Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui. Ecuador. 114p.
- Mattivi, F. 2002. Instituto Agrario Di San Michele All'Adige: Antioxidantes polifenólicos naturales de la dieta (en línea). Italia. Consultado 28/12/2006. Disponible en: <http://www.medwave.cl/cursos/dieta5/2.act>.
- Mazón, N. E. Peralta, M. Rivera, C. Subla y C. Tapia. 2003. Catálogo del Banco de Germoplasma de amaranto (*Amaranthus* spp.) del INIAP – Ecuador. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 53 p.
- Monteros, C., C. Nieto., C. Caicedo., M. Rivera., C. Vimos. 1994. "INIAP-ALEGRÍA". Primera variedad mejorada de amaranto para la sierra ecuatoriana. Boletín Divulgativo No. 246. Programa de Cultivos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 24 p.
- Mujica, A., M. Berti, J. Izquierdo. 1997. El cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.), producción, mejoramiento genético y utilización. Oficina Regional de FAO. FAO, UNA, Puno, U. Concepción, Chillán. Roma, Italia. 145 p.
- Nieto, C. 1989. El cultivo del amaranto *Amaranthus* spp. una alternativa agronómica para Ecuador. Publicación miscelánea No. 52. Programa de Cultivos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 28 p.

OFICINA DE PUBLICACIONES OFICIALES DE LA COMUNIDAD EUROPEA,  
CONSLEG: 1995L0045 — 01/08/2001., 46 p disponible en:  
[http://europa.eu.int/eur-lex/es/consleg/pdf/1995/es\\_1995L0045\\_do\\_001.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/es/consleg/pdf/1995/es_1995L0045_do_001.pdf)

Ojeda, F. 1992. Extracción del Colorante de la Remolacha y Diseño de la Planta Piloto. Tesis de Ingeniero Químico. Quito-Ecuador. Universidad Central del Ecuador. p. 7-75.

Pantanelli, A. 2000. Prometedora resurrección del amaranto "Los mayas ya lo Sabían". Alimentos Argentinos. (Argentina). Edición N° 18.; disponible en: [www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r\\_18/18\\_07\\_amaranto](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_18/18_07_amaranto).

Peralta, E., N. Mazón, A. Murillo, M. Rivera, C. Monar. 2008. Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinua, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. Manual N°. 69. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 71 p.

Peralta, E. 2007. Los cultivos andinos en Ecuador: Bancos de germoplasma, fitomejoramiento y usos. Pasado, presente y futuro. In. Memorias del XII Congreso Internacional de Cultivos Andinos. INIAP. PUCE. Quito, Ecuador. pp 15.

Peralta, E. 1985. Situación del amaranto en Ecuador. EL AMARANTO y su potencial. Boletín N°. 1. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. INCAP. Guatemala.

Polit, F. 1973. Extracción y Purificación de los colorantes del Motilón (*Hieronyma asperifolia*)., Escuela Politécnica Nacional., Instituto de Investigaciones Tecnológicas Quito. 43 p.

Quintero, R; Garibay M. 1993. Biotecnología Alimentaria. 1ª ed. México. LIMUSA.; p. 176.

Rojas, M. y Rovalo, M. 1985. Fisiología Vegetal Aplicada. Tercera Edición. Libros McGraw-Hill. Editorial Litográfica de México. México. Pp. 92,93.

Tapia, C. 2002. Identificación de microcentros de variabilidad en quinua, amaranto y chocho en Ecuador. Informe Técnico del Proyecto INIAP-IFAD-IPGRI. Departamento de Recursos Fitogenéticos y Biotecnología y PRONALEG-GA. Estación Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

Tuston, S. 2007. Adaptación de cinco líneas de amaranto de grano blanco *Amaranthus caudatus* y cinco líneas de ataco o sangorache *Amaranthus hybridus* en los cantones Otavalo y Antonio Ante. Tesis Ingeniero Agropecuario. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Escuela de Ingeniería Agropecuaria. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador. 96 p.

## ANEXOS

### ¿Qué son los antioxidantes?

Se denominan **antioxidantes** a todos aquellos elementos que tienen como función eliminar de nuestro organismo los radicales libres.

Los radicales libres se producen como resultado de la oxidación celular. Un número limitado y controlado de estos elementos resulta beneficioso para el organismo, por su papel que desempeñan en el organismo dentro del sistema inmunológico, dado que son capaces de eliminar microorganismos patógenos. Cuando el número de radicales libres aumenta y se inestabiliza produce resultados negativos. Así, por ejemplo, se ha visto la relación que existe entre estas moléculas y ciertas enfermedades de carácter degenerativo, como alteraciones del aparato circulatorio, del sistema nervioso y otras enfermedades muy graves, como el cáncer, el SIDA o el envejecimiento precoz. Estos resultados negativos se producen porque los radicales libres alteran el ADN de las células, impidiendo la renovación celular o alterando su normal funcionamiento.

### ¿Qué hacer para evitar la aparición de los radicales libres?

Para evitar la aparición de los radicales libres tenemos que tener en consideración dos factores:

**a) Evitar aquellos elementos externos que aumentan el número de radicales libres. Entre estos factores desencadenantes tenemos los siguientes:**

- *Ingestión de tóxicos* (drogas, tabaco, alcohol, etc.), productos químicos (detergentes, insecticidas, herbicidas, jabones industriales, etc.).
- *Contaminantes ambientales* ( fábricas, humo de los coches, etc.).
- *Stress*. Una situación de un estado de angustia personal rebaja las defensas de nuestro organismo, favoreciendo el aumento de radicales libres e inhibiendo aquellas enzimas que podrían neutralizarlos.
- *Alimentación animal*. Ciertos alimentos de origen animal, especialmente aquellos muy ricos en grasas monoinsaturadas, provocan la aparición de radicales libres, tanto más cuando los animales que han suministrado estas

carnes habian estado alimentados con productos adulterados. Una buena manera de evitarlos es sustituir estas carnes por otras más útiles. Elegiremos pescados o carnes magras, todos ellos, por otra parte, muy ricos en aminoácidos antioxidantes, como la cisteína, o en minerales útiles en el mismo sentido como el selenio o el cobre.

**b) Cambiar los hábitos alimentarios:** Ante la agresión orgánica que suponen estas moléculas, además de evitar factores externos desencadenantes, resulta imprescindible adoptar una alimentación rica en productos vegetales, capaces de proporcionar aquellos principios que neutralizaran sus efectos perniciosos. **Entre los componentes principales que aparecen en las frutas, verduras u hortalizas con un valor antioxidante tenemos:**

- **Los betacarotenos** : Precursor de la vitamina A. (Véase vitamina A) El betacaróteno es un carotenoide . Se trata de un pigmento vegetal que, una vez ingerido, se transforma en el hígado y en el intestino delgado en vitamina A. Es un componente antioxidante que favorece la no aparición del cáncer, especialmente el de pulmón, boca y estómago. También se ha demostrado que previene la aparición de enfermedades del corazón. Además, como se transforma en vitamina A, resulta una manera adecuada de beneficiarse de las propiedades de esta vitamina, sin el peligro de intoxicación que puede suponer una sobreingestión de la misma. Un exceso de betacaróteno lleva a un estado de hipericarotenodermia, que se caracteriza por una coloración amarillenta de la piel, que es inocua y desaparece sin secuelas cuando se deja de ingerir alimentos ricos en betacarotenos Entre estos mencionariamos los siguientes: la verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), la zanahoria (*Daucus carota* L), las espinacas (*Spinacia oleracea* L) ; el berro (*Nasturtium officinale* R. BR), la borraja (*Borago officinalis* L.), la alhabaca (*Ocimum basilicum* L.), la calabaza (*Cucurbita pepo* L.), el tomate (*Lycopersicon esculentum* MILLER ), el coriandro (*Coriandrum sativum* L.), el espárrago (*Asparagus officinalis* L. ), el diente de león (*Taraxacum officinale* Weber) eta
- **Vitamina C**: Además de sus propiedades antioxidantes, es igualmente importante esta vitamina para la adecuada absorción del hierro, del calcio o de otros aminoácidos. De igual manera ayuda en la curación de las heridas. Su deficiencia provoca una debilidad general en el organismo, manifestada en síntomas como cabello frágil, encías que sangran, heridas que no cicatrizan, pérdida del apetito, etc. Entre las principales alimentos ricos en esta vitamina tenemos los pimientos, siendo una de las plantas del mundo que posee más cantidad, después de la acerola (*Malpighia glabra* L) o del escaramujo (*Rosa canina*) . También son muy ricos los cítricos ( naranjas, limones, pomelos, etc.).
- **Licopeno**: Es un componente al cual deben su coloración roja los tomates que son los vegetales que poseen más cantidad. Con propiedades similares a los betacarotenos de las zanahorias, que tiene propiedades anti



cancerígenas. El licopeno parece reducir las probabilidades de cáncer de próstata, pulmón, estómago, vejiga, pulmón, estómago y cuello del útero. Aparece en los tomates frescos, pero especialmente en los cocinados, dado que la cocción ayuda a liberar este elemento y facilitar la absorción por el organismo.

- **Glutación:** El glutatión es otro componente con propiedades antioxidantes demostradas, que ayuda a eliminar los radicales libres, responsables de la aparición de muchas enfermedades, entre las que se encuentra el cáncer. Este elemento, que aparece con la mayor cantidad en los bróculis, se encuentra fundamentalmente en la piel, por lo que deberemos comerlos crudos en ensalada. Es un elemento muy adecuado en la eliminación de las toxinas del cuerpo, especialmente de los metales pesados, que producen deterioro del organismo por acumulación de los mismos. Se ha comprobado como el tomate ayuda a eliminar eficazmente el plomo. Otros alimentos ricos en este componente son: el ajo, la patata, las espinacas, el maíz o la verdolaga. Además de esta propiedad, debemos resaltar su capacidad para rebajar la presión arterial, favorecer el buen estado de nuestro hígado o prevenir el eczema.
- **Vitamina E:** Protege las membranas celulares de la oxidación mediante la protección de sus ácidos grasos. Una falta de esta vitamina parece ser que produce cambios degenerativos en las células de algunos tejidos como las de los músculos y el corazón. La falta de esta vitamina en los animales produce esterilidad, aunque es más difícil que esta deficiencia pueda producirse en los hombres, lleva a una mala digestión de las grasas. Las verduras y hortalizas de color verde, así como los vegetales ricos en aceite, son las que poseen más cantidad de esta vitamina, como, por ejemplo, la verdolaga, los espárragos, en la lechuga, los guisantes, las nueces, el germen de trigo o las semillas de girasol, que son las que tienen el contenido más alto.
- **Flavonoides:** Son compuestos polifenólicos que aparecen en frutas y verduras y en algunas bebidas, como el té, la cerveza o el vino. Entre estos compuestos el más importante es la quercitina que aparece en muchos alimentos vegetales como el ajo, la cebolla, la manzana, la col, la pera, las espinaca. Otros flavonoides importantes serían la gínesteína de la soja, la rutina de los cítricos ( naranjas, limones, pomelos, etc.) o los polifenoles del té entre los que destaca la epigallocatequina galata. Se definen como potentes antioxidantes, además de intervenir en una serie de procesos beneficiosos para el organismo como potenciar la memoria, potenciar la actividad antioxidante de la vitamina C, evitar la formación de coágulos en la sangre, potencian la sexualidad masculina y el sistema inmunológico.
- **Cobre:** Potencia el sistema inmunológico, es necesario para el crecimiento de los infantes. Interviene en la formación de la hemoglobina de la sangre.

Una buena fuente de este mineral lo tenemos en los frutos secos como las avellanas y en las legumbres como en la soja.

- **Zinc:** Además de sus propiedades antioxidantes, interviene en la maduración de los órganos reproductores al aumentar la testosterona, hormona reproductiva masculina por lo que conlleva el normal crecimiento de una persona, evitando el enanismo. Alimentos ricos en zinc son : el apio, los espárragos, las borrajas, los higos, las patatas, las berenjenas, los melocotones, etc.
- **Selenio:** Además de proteger el corazón, favorecer el sistema inmunitario o eliminar los metales pesados del organismo, interviene en la protección de numerosos cánceres, como el de colon, próstata o pulmones. Sin él el organismo no puede producir glutatión, uno de los mejores antioxidantes. Se utiliza junto con el cinc para prevenir la caspa. Alimentos ricos en selenio son: la avena, el arroz integral, los melocotones.

<http://www.botanical-online.com/medicinalsantioxidantes.htm>

## CONCRETAMENTE ¿QUÉ ES UN RADICAL LIBRE?

El radical libre es un átomo de  $O_2$  (oxígeno) con 7 electrones (el átomo estable de oxígeno tiene 8 electrones y se torna inestable cuando pierde 1 electrón), al faltarle ese electrón, lo toma prestado de la membrana celular y produce así otro radical libre más dando lugar a una reacción en cadena.

Esta reacción en cadena se combate con la acción de los antioxidantes, los cuales neutralizan los átomos de oxígeno.

Para la neutralización, existen antioxidantes endógenos y exógenos:

- Los **endógenos** son las enzimas (proteínas) con capacidad antioxidante que no se consumen al reaccionar con los radicales libres y son dependientes de sus cofactores tales como el cobre, el hierro, el zinc, el magnesio y selenio.
- Los **exógenos** provienen de la dieta, y a diferencia de las enzimas se consumen al reaccionar con los radicales libres, y deben ser reemplazados. Están divididos según la zona donde actúan:

*Los que ejercen su acción a nivel de la membrana lipídica son:*

- la Vitamina E
- los carotenos

- los poli-fenoles y flavonoides
- el ubiquinol 10 (reducido por la Q10)

*Los que actúan en medio acuoso:*

- El ácido ascórbico (conocido generalmente como Vitamina C)

*Los relacionados con metales pesados:*

- ferritina
- transferrina
- lactoferrina
- ceruloplasmina

*Para concluir es importante conocer cuáles son los productos naturales relacionados con la acción antioxidante y por consiguiente protectores de las membranas celulares de nuestro cuerpo.*

- aceite de zanahoria (alto en vitamina A)
- levadura de selenio
- extracto de pie de león (alto en flavonoides)
- polvo de acacia (alto en flavonoides)
- rosa canina (alto en vitamina A y C y flavonoides)
- germen de trigo (alto en vitamina E)
- coenzima Q10
- Vitamina E
- Vitamina C
- Zinc
- Manganeso
- Beta carotenos
- Selenio

<http://www.zonadiet.com/alimentacion/antioxidantes-naturales.htm>

## ALIMENTOS ANTIOXIDANTES

Muchos de los alimentos que consumimos cotidianamente ya sea por placer o hábito y también algunos que no suelen ser utilizados con frecuencia son ricos en ciertas sustancias llamadas antioxidantes. Para una dieta saludable es bueno conocer donde se encuentran y en que nos benefician.

## ANTIOXIDANTES VS. RADICALES LIBRES

Los radicales libres son moléculas que nuestro organismo produce y que, en ciertas cantidades y bajo "el control" de los antioxidantes, permiten defendernos de la acción de virus y bacterias, protegiendo nuestra salud. Varias razones como por ejemplo la exposición al humo de cigarrillos (propios o ajenos), la contaminación ambiental, es estrés, algunos medicamentos, el consumo de pesticidas a través de ciertos alimentos, el exceso de grasas saturadas (de origen animal) y los aceites cocidos (en frituras o salteados) pueden generar una cantidad mayor de radicales libres que la necesaria y estos, "fuera de control" atacan entonces nuestras células, dañándolas y convirtiéndolas a su vez en nuevos radicales libres, produciéndose una reacción en cadena. Al dañar las células de nuestra piel provocan su envejecimiento, ya que esta se torna seca y arrugada, y al dañar a los glóbulos blancos van debilitando nuestro sistema inmunológico. Pueden producir degeneración de tejidos, contribuyendo al desarrollo de tumores benignos o malignos como el cáncer de mama, de útero, estómago, pulmón y próstata, y de enfermedades relacionadas como el mal de Alzheimer y la artritis. Los antioxidantes, en cambio, son sustancias que nos ayudan a neutralizar radicales libres, protegiendo de este modo a nuestras células, contribuyendo a mejorar nuestras defensas, y retrasando el proceso de envejecimiento cutáneo. Forman parte de nuestra protección contra el cáncer y las enfermedades cardíacas ya que protegen las paredes de las arterias, mejorando nuestra calidad de vida.

## ¿DÓNDE ENCONTRAR ANTIOXIDANTES?

Como se desconoce cuáles serían las dosis más adecuadas, conviene no abusar de los suplementos o antioxidantes en capsulas. Lo ideal es incorporarlos a través de nuestra alimentación cotidiana. Estos son algunos de los alimentos que los contienen: En las frutillas, kiwis, melón y frutas cítricas encontramos Vitamina C, que además de tener poder antioxidante, ayuda a la

absorción del hierro previniendo la anemia y contribuye a la cicatrización de heridas. Otras fuentes son las grosellas, fresas, acerola, morrones, tomates, pepino, nabo y crucíferas (grupo de vegetales que incluye al brócoli, coliflor y los repollitos de bruselas) Los fumadores deben tener en cuenta que su hábito produce un déficit de esta vitamina por lo que necesitan consumir el doble que los que no fuman.

La sandía, melón, brócoli y los alimentos de color anaranjado como la calabaza, el zapallo, la zanahoria, duraznos, damascos y mangos son fuente de betacaroteno o provitamina A, que tiene importante poder antioxidante y es esencial para mantener en buen estado nuestra piel y tejidos.

La Vitamina E tiene potente acción antioxidante, estimula al sistema inmunológico y contribuye a prevenir enfermedades cardiovasculares.

Fuentes: todos los aceites vegetales como los de girasol, soja, maíz, sésamo, el de germen de trigo y principalmente el de oliva, en especial el extra virgen de primera presión en frío. Otras fuentes son el germen de trigo (que se puede espolvorear sobre las comidas o agregar a caldos, sopas o yogures), las semillas de girasol y de sésamo y las frutas secas como las nueces.

El Selenio es un mineral con función antioxidante, que ayuda a fortalecer al sistema inmunológico. Se lo puede encontrar en las nueces, especialmente las de Brasil (se aconseja comprarlas con cascara y consumir una por día), ajo, pescado, carne vacuna y pollo.

Otro mineral con poder antioxidante es el Zinc, que también mejora nuestras defensas y ayuda a mantener la elasticidad de la piel. Podemos encontrarlo en las frutas secas (nueces, almendras, mani, avellanas), en los cereales integrales, partes oscuras del pollo y las ostras.

Algunas infusiones que nos benefician por su aporte de antioxidantes son el té verde, antigua bebida muy consumida en China y Japón, donde es considerada el elixir de la buena salud, el té de kombucha, poderoso desintoxicante, y el cacao soluble (sí, el que utilizan los chicos y algunos adultos para preparar su taza de leche chocolatada) Tomar esta infusión caliente potencia su efecto, aportando un porcentaje bajo de grasas y menos calorías en comparación con los chocolates en barra. Para quienes acostumbrar beber vino, un vaso de vino tinto al día es una buena recomendación, hábito que también brinda protección contra las enfermedades cardiovasculares.

El tomate no solo es fuente de vitamina C: también lo es del ácido alfa-lipoico, una sustancia que podríamos llamar el antioxidante ideal ya que elimina varias especies de radicales libres, ofrece protección dentro y fuera de las células y especialmente porque en su presencia el efecto del resto de los antioxidantes

se ve potenciado. El tomate contiene también licopenos, otros antioxidantes que además protegen contra el cáncer de próstata y que se encuentran en mayor cantidad aún en los tomates perita y en la salsa de tomates. (ya que la cocción al romper los tejidos de este vegetal favorece su liberación) Otros alimentos de color rojo son también fuentes de este antioxidante, como los morrones o pimientos rojos, y la refrescante sandía.

## TOMAR CONCIENCIA

Mucha gente consume calorías en exceso, casi no tiene desgaste físico y desconoce la composición de los alimentos que se lleva al estómago, sus beneficios y sus perjuicios, y las consecuencias de todo esto van más allá del aumento de peso. Los alimentos que nos aportan vitaminas, minerales y antioxidantes no nos garantizan eterna salud y juventud, pero está comprobado que contribuyen a protegernos de las enfermedades cardiovasculares, de la formación de tumores, que refuerzan nuestras defensas y que demoran el envejecimiento celular, lo que no es poca cosa, menos aún teniendo en cuenta que para incorporar estos nutrientes no es necesaria la ingesta de capsulas ni de alimentos costosos: basta con los que podemos encontrar en la verdulería más cercana.

<http://www.supernatural.cl/nutricion14.asp>

## Científicos empeñados en alargar la vida

**GENÉTICA** Investigadores estiman que la clave está en los antioxidantes **WASHINGTON, AGENCIAS.**

Un equipo de investigadores de la Universidad de Washington, en Seattle, Estados Unidos, cree haber encontrado la clave para vivir más.

Los investigadores prolongaron la vida de ratones de laboratorio hasta en cinco meses, modificándolos genéticamente para que produjeran más antioxidantes.

Esta es la primera vez que se demuestra la importancia de los "radicales libres" en el proceso de envejecimiento.

Los científicos no descartan que esta técnica pueda ser aplicable en humanos.

El descubrimiento también pudiera extender la expectativa de vida promedio de los 75 años más de 100.

Los ratones utilizados produjeron grandes cantidades de catalasa, enzima que ayuda a descomponer el peróxido de hidrógeno. Esta sustancia se produce durante el metabolismo y es una fuente de radicales libres (moléculas activas).

Los radicales libres provocan efectos negativos para la salud, porque pueden alterar el ADN (material genético), las proteínas y las grasas, generando un proceso de oxidación o de envejecimiento.

Otro hallazgo clave del experimento está relacionado con el lugar en el cual los ratones generaban las enzimas. Este sitio es conocido como la mitocondria de la célula. Los ratones que producían la enzima catalasa vivieron por más tiempo y eran más saludables.

**EL COMERCIO.** Domingo 15 de mayo del 2005. Futuro. C7.

## **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 PROGRAMA NACIONAL DE LEGUMINOSAS Y GRANOS ANDINOS (PRONALEG-GA)**

Ofrecer tecnologías para la producción y uso sostenible de las leguminosas de grano comestible y los granos andinos.



**GOBIERNO NACIONAL  
DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

**Econ. Rafael Correa Delgado  
PRESIDENTE CONSTITUCIONAL**

**Econ. Walter Poveda Ricaurte  
MINISTRO DE AGRICULTURA, GANADERÍA,  
ACUACULTURA Y PESCA**

**Dr. Julio César Delgado Arce  
DIRECTOR GENERAL DEL INIAP**