

Carlos Nieto Cabrera



**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIAS
ECUADOR**

Contenido

Presentación

Origen, historia y distribución geográfica

Botánica y morfología

Fisiología y genética

Requerimientos de clima y suelo

Técnicas de manejo del cultivo

Preparación del suelo y siembra

Labores culturales y fertilización

Plagas y enfermedades

Cosecha y trilla

Ciclo vegetativo y rendimientos

Valor alimenticio

Usos

Posibilidades del cultivo en el Ecuador

Costos de producción

Bibliografía

Anexo 1. Algunas recetas básicas para el uso de amaranto

Anexo 2. Glosario de términos

Presentación

Dentro del grupo de especies nativas de los Andes, no hay duda que el amaranto (ataco o sangorache en Ecuador) es un cultivo que merece especial atención.

Es un grano, cuyas características agronómicas y alimenticias, sumadas a la ausencia de factores organolépticos negativos le convierten en una gran opción de producción y alimentación; no solamente para la Sierra ecuatoriana sino para muchas áreas ecológicas de la Costa.

Esta publicación recoge los más importantes resultados de muchas investigaciones realizadas en varias partes del mundo y combina con resultados de experiencias y observaciones realizadas por el autor y por el personal del Programa de Cultivos Andinos del INIAP, para presentar en una forma sintética y comprensible la temática relacionada con la agronomía, utilización y otras características del amaranto.

Se pretende interesar a los profesionales y a los estudiantes del agro así como a los propios agricultores para rescatar un cultivo nativo que a no dudar es una alternativa alimenticia de mucha significación.

El autor

EL CULTIVO DE AMARANTO *Amaranthus* spp UNA ALTERNATIVA AGRÓNOMICA PARA ECUADOR

Carlos Nieto Cabrera*

* Ing. Agr. M.Sc., Jefe del Programa de Cultivos Andinos, Estación Experimental "Santa Catalina", INIAP.

ORIGEN, HISTORIA Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA

El cultivo de amaranto (en Ecuador conocido como ataco, sangorache o quinua de castilla; data de más de 4.000 años en el Continente Americano. Los principales granos que encontraron los españoles a su llegada América fueron: maíz, fréjol, quinua y amaranto, este último, además de alimento, formaba parte de ciertos ritos religiosos de los Aztecas o era utilizado como pago de tributos o impuestos. Por su uso en actos religiosos fue prohibido por los españoles y desde entonces, se ha ignorado su cultivo y valor alimenticio en América Latina, a pesar de que en otros continentes es muy relevante ya sea para la alimentación humana o animal. Actualmente se está retornando a su explotación en varios países latinos debido entre otros factores a su excelente calidad nutritiva, y a su amplio rango de adaptación a ambientes desfavorables para otros cultivos.

Varios autores coinciden al afirmar que *Amaranthus* spp como cultivo se originó en América. *A. cruentus*, *A. caudatus* y *A. hypochondriacus* son las tres especies domesticadas para utilizar su grano y probablemente descienden de las tres especies silvestres; *A. powelli*, *A. quitensis* y *A. hybridus*, respectivamente, todas de origen americano; aunque se sostiene que *A. quitensis* es sinónimo de *A. hybridus* y que solamente ésta última podría ser la antecesora de las tres cultivadas. En la actualidad amaranto se encuentra en toda la zona tropical del mundo y en muchas áreas templadas, pero sobresalen: Perú, Bolivia, México, Guatemala, India, Pakistán, China, en la explotación de amaranto para grano y verdura y Malasia e Indonesia, únicamente para usar como verdura.

En Ecuador es casi desconocido como cultivo, a pesar de que existen varias especies dispersas como plantas ornamentales o malezas de otros cultivos. Así, en la Sierra ecuatoriana han prevalecido las formas conocidas como ataco o sangorache, que corresponden a *A. quitensis*, además de varias especies silvestres como *A. blitum*, *A. hybridus*, todas ellas conocidas como bledos y consideradas malezas, mientras en la Costa, además de las anteriores se han identificado a *A. dubius*, considerada también como maleza.

BOTANICA Y MORFOLOGIA

Botánicamente, el amaranto se ubica dentro del orden Centrospermales, familia Amarantaceae, género *Amaranthus*, habiéndose identificado más de 60 especies entre las cuales sobresalen las siguientes:

A. caudatus L., cuyos sinónimos son: *A. mantegazzianus*, Passerini y *A. edulis* Spegazzini y puede explotarse por su grano, como verdura o como planta ornamental.

A. cruentus L., cuyo sinónimo es *A. paniculatus* L. y tiene los mismos usos que la anterior.

A. hypochondriacus L., cuyos sinónimos son *A. flavus* L. y *A. leucocarpus* S, Wats, y es cultivada por su grano y como planta ornamental.

A. dubius Mart, que se presenta formas cultivadas como verdura y forma silvestres como maleza.

A. virides L., sinónimo de *A. gracilis* Desf. que es muy rara vez cultivada como verdura.

A. tricolor L., sinónimo de *A. melancholicus* L., *A. tristis* L., *A. mangostanus* L. y *A. gangeticus* L. y es cultivada como verdura o como planta ornamental-

A. blitum L. sinónimo de *A. lividus* L. y que se presenta en algunas formas cultivadas como verdura.

A. quitensis S., que parece ser sinónimo de *A. hybridus* L. y presenta formas cultivadas como planta ornamental o medicinal.

Las diferentes especies del género *Amaranthus* son plantas anuales, herbáceas, de tallos suculentos cuando tiernos y algo lignificados cuando maduros, pueden medir hasta 3 m de altura. Poseen raíces del tipo axonomorfo bien desarrolladas, con numerosas raíces secundarias y terciarias. La planta tiene por lo general un eje central bien diferenciado y muchas especies y variedades tienden a ramificar a media altura o desde la base del tallo. Las hojas son generalmente opuestas o alternas, sin estípulas de forma elíptica, aovada, lisa o poco pubescente con nervaduras pronunciadas. El color de la planta va desde verde hasta púrpura con varios colores intermedios como el rojo, rosado, café, etc. Las inflorescencias son muy vistosas y se presentan desde totalmente erectas hasta decumbentes y en cuanto a colores pueden observarse: amarillas, naranjas, cafés, amarillentas, rojas, rosadas o púrpuras. (Figura 1).

Las plantas de amaranto son monoicas cuyas flores son pequeñas, unisexuales, reunidas en glomérulos formando falsas umbelas con tres a cinco brácteas externas cada una. Las flores masculinas con tres a cinco estambres y las femeninas con un ovario súpero en cuyo interior se forma una sola semilla. Un glomérulo en *Amaranthus*, con excepción de pocas especies es una ramificación dicasial cuya primera flor es terminal y siempre masculina, en cuya base (en el pedúnculo) nacen dos flores laterales femeninas las que a su vez serán terminales, cada una de las cuales origina otras dos flores laterales femeninas y así sucesivamente (Figura 2). Un glomérulo puede alcanzar hasta 250 flores femeninas aunque el número de polinizadas es mucha menor, la flor masculina luego de dejar en libertad el polen se seca y se cae.

El fruto botánicamente es un pixidio unilocular, es decir, una cápsula, que cuando madura presenta dehiscencia transversal, dejando caer la parte superior

llamada opérculo, para dejar al descubierto la parte inferior llamada urna, donde se encuentra contenida la semilla (Figura 3).

La semilla es muy pequeña, mide de 1 a 1,5 mm de diámetro y el número de semillas por gramo oscila entre 1.000 y 3.000. Son de forma circular y de colores variados, así: existen granos blancos, blanco amarillentos, dorados, rosados, rojos y negros. Todas las especies silvestres presentan granos negros y de cubiertas muy duras. Anatómicamente en el grano se distinguen tres partes principales: la cubierta, que es una capa de células muy fina conocida como episperma, una segunda capa que está formada por los cotiledones y es la parte mas rica en proteína y una capa interna, rica en almidones conocida como perisperma.



FIGURA 1. Variabilidad en color y forma de panojas (infloreceencias).

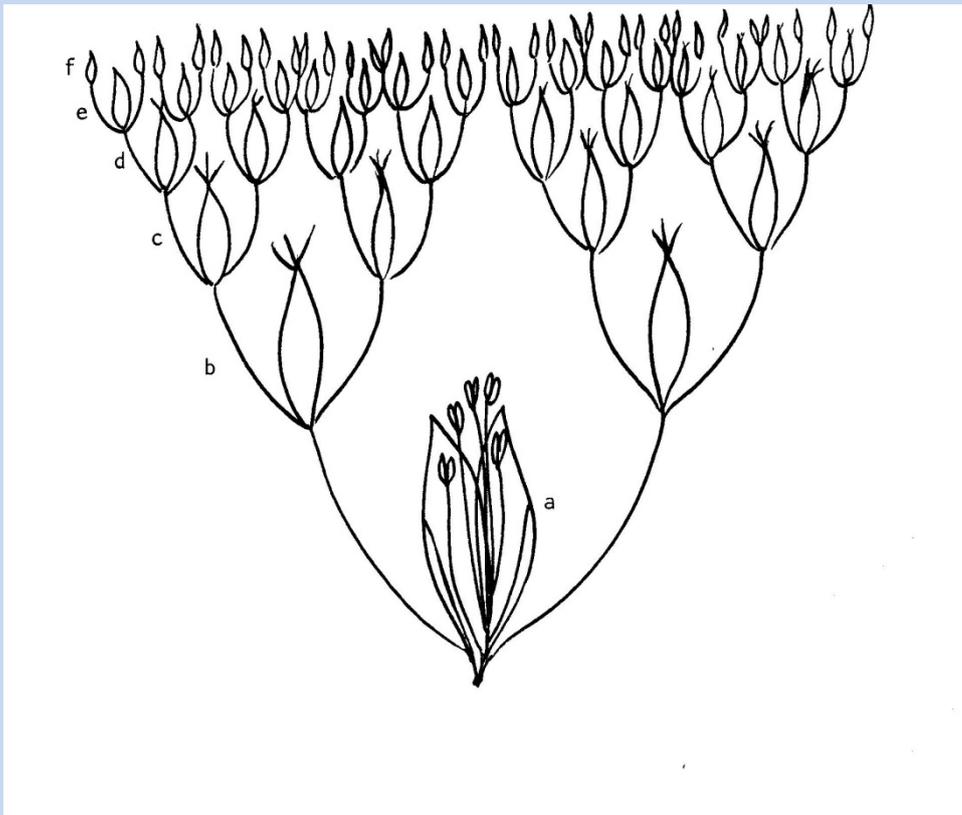


FIGURA 2. Representación esquemática de un glomérulo (cima dicasia) a. flor masculina, b-f. generaciones de flores femeninas.

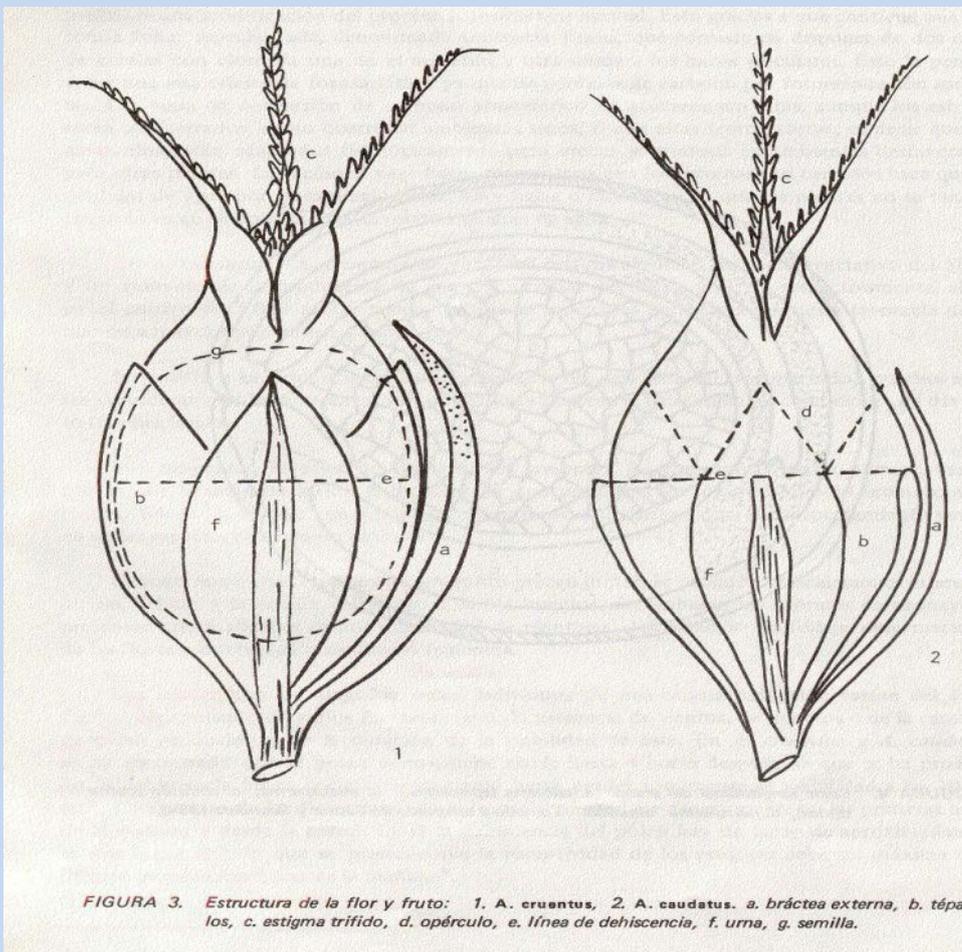


FIGURA 3. Estructura de la flor y fruto: 1. A. cruentus, 2. A. caudatus. a. bráctea externa, b. tépalos, c. estigma trifido, d. opérculo, e. línea de dehiscencia, f. urna, g. semilla.

FISIOLOGÍA Y GENÉTICA

El amaranto es una de las pocas plantas no gramíneas que realiza fotosíntesis vía C4, es decir mediante una modificación del proceso fotosintético normal. Esto gracias a que contiene una anatomía foliar especializada, denominada anatomía Kranz, que consiste en disponer de dos capas de células con clorofila una en el mesófilo y otra unida a los haces vasculares. Esto le permite tener una alta eficiencia fotosintética, ya que las pérdidas de carbono por fotorespiración son nulas. Las tasas de conversión de carbono atmosférico en azúcares son altas, aunque los estomas estén semicerrados, como ocurre en ambientes secos, o con altas temperaturas; es decir que los amarantos están adaptados fisiológicamente para crecer y producir en ambientes desfavorables para otras plantas. La facilidad para hacer fotosíntesis con los estomas casi cerrados hace que las pérdidas de agua por transpiración sean muy bajas o nulas, por lo que las plantas no se marchitan ni se secan en condiciones de relativa escasez de agua.

En *A. caudatus* y *A. cruentus*, se encontró una disminución del ciclo vegetativo del 50% y un aumento de la producción de grano y biomasa del 100 y 150 %, respectivamente, al bajar el cultivo de 3.000 a 600 msnm, lo que se interpretó como una respuesta favorable de las plantas a mayor temperatura y luminosidad.

En cuanto a la influencia de la duración de la luz para florecer {fotoperíodo), muchos autores consideran que los amarantos son plantas que florecen y fructifican en condiciones de día corto {noches largas).

Las diferentes especies de *Amaranthus* presentan 8 cromosomas como número básico, por lo que la mayoría serían poliploides ya que presentan un total de 32 o 34 cromosomas e incluso 64 en *A. dubius*, sin embargo hay autores que afirman que el comportamiento genético de las especies es como un diploide.

Cuando dos o más especies de amaranto crecen juntas, se producen hibridaciones interespecíficas debido a la acción del viento o de los insectos, sin embargo los híbridos en su mayoría presentan anomalías como: mortalidad de plántulas, deformación del follaje, deformaciones de las flores y esterilidad masculina o femenina.

Los porcentajes de alogamia entre individuos de una misma población varían del 10 al 50%, dependiendo de varios factores como: la presencia de vientos, de insectos o de la cantidad de polen producido y de la duración de la viabilidad de este. En *A. cruentus* y *A. caudatus*, se ha encontrado que el polen se mantiene viable hasta 4 horas después de que se ha producido la dehiscencia luego declina rápidamente hasta perder totalmente su viabilidad a las 10 horas*. La apertura de las flores masculinas (anthesis) se produce generalmente en las primeras horas de la mañana y desde la anthesis hasta la dehiscencia del polen hay un lapso de aproximadamente dos horas, por lo que se presume que la receptividad de los estigmas debe ser máxima también en las primeras horas de la mañana*.

* Observaciones preliminares del autor, en plantas de invernadero.

REQUERIMIENTOS DE CLIMA Y SUELO

El rango de adaptación para el amaranto va desde el nivel del mar hasta los 2.800 m de altitud, sin embargo, las especies que mejor comportamiento presentan a altitudes superiores a los 1.000 m son *A. caudatus* y *A. quitensis*. En general todas las especies crecen mejor cuando la temperatura promedio no es inferior a 15°C y, temperaturas de 18° a 24°C parecen ser las óptimas para el cultivo.

A nivel experimental, se ha observado que la germinación de semillas es óptima a 35°C. la mayor eficiencia fotosintética se produce a los 40°C. El límite inferior de temperatura para que el cultivo cese su crecimiento parece ser 8°C y para que sufra daños fisiológicos 4°C es decir, el cultivo no tolera las bajas de temperatura, peor las heladas. En general, todas las especies prosperan muy bien en ambientes con alta luminosidad.

Es un cultivo que requiere de humedad adecuada en el suelo durante la germinación de las semillas y el crecimiento inicial, pero luego de que las plántulas se han establecido prosperan muy bien en ambientes con humedad limitada, de hecho hay un mejor crecimiento en ambientes secos y calientes que en ambientes con exceso de humedad. Mientras muchas especies utilizadas como verdura dan abundante producción de biomasa en ambientes con hasta 3.000 mm de precipitación por año, las especies productoras de grano pueden dar cosechas aceptables en ambientes con 300 o 400 mm de precipitación anual.

El género *Amaranthus*, se adapta a una amplia gama de tipos de suelo, sin embargo, las especies productoras de grano, prosperan mejor en suelos bien drenados con pH neutro o alcalino (generalmente superior a 6), no así las especies cultivadas como verdura que prefieren suelos fértiles, con abundante materia orgánica y con pH mas bajo. En general se ha demostrado que muchas especies toleran muy bien ciertos niveles de salinidad en el suelo, sin embargo hay especies como *A. tricolor* que también prosperan en suelos con altos niveles de aluminio (suelos ácidos).

TÉCNICAS DE MANEJO DEL CULTIVO

a. Preparación del suelo y siembra

Se pueden hacer siembras directas o mediante trasplantes de plántulas previamente germinadas en semilleros, práctica que no es la más común en nuestro medio. Cuando la siembra es directa es necesario preparar el suelo hasta que quede completamente mullido (libre de terrones, palos, piedras o restos de cosechas anteriores). La siembra se puede realizar en surcos, de aproximadamente 10 cm de profundidad y separados a 60 o 70 cm. Dentro del surco se puede sembrar a chorro continuo o en golpes separados a 20 cm; se puede colocar entre 10 y 20 semillas por golpe y luego tapar con 1 a 2 cm de suelo suelto.

Cuando la época es muy lluviosa, es preferible colocar las semillas a un costado del surco para evitar el arrastre de estas o un tapado excesivo por acción de las lluvias. También se puede hacer siembras mecánicas, utilizando las sembradoras de hortalizas o de pastos como alfalfa o trébol (Figura 5). La densidad de siembra varía entre 2 y 6 kg/ha, cuando la siembra es mecanizada y hasta 10 kg/ha, cuando es manual.



FIGURA 5. Siembra mecánica utilizando una sembradora de semillas de jardín

b. Labores culturales y fertilización

Es conveniente realizar raleos, para dejar el número adecuado de plantas por unidad de superficie. Se recomienda dejar entre 20 y 30 plantas por m², cuando el cultivo es para cosechar su grano y hasta 80 o 100 plantas por m², cuando es para verdura. Sin embargo, también se puede prescindir del raleo, lo que da lugar a cultivos densos cuyas plantas crecen poco y producen menos, pero el rendimiento es compensado por el número de panojas.

El cultivo responde muy bien a la fertilización química, especialmente de nitrógeno y fósforo y al abonamiento orgánico. Se recomienda aplicar una fertilización de 80-40-40 kg/ha de N-P-K (aproximadamente 3 qq de 10-30-10 más 3 qq de urea y 1/2 qq de muriato de potasio}, o unas 10 t/ha de materia orgánica bien descompuesta. En suelos de buena fertilidad o cultivados con especies que dejan remanentes de fertilizantes se puede cultivar amaranto sin fertilizar.

El cultivo presenta un crecimiento lento al comienzo del ciclo, por lo que es necesario realizar una deshierba, sobre todo en sitios con abundantes malezas para evitar la competencia. Luego del primer mes de cultivo crece rápidamente y cubre el suelo, impidiendo el desarrollo de malezas; sin embargo también es aconsejable una labor de aporque, la misma que servirá de segunda deshierba.

c. Plagas y enfermedades

Por ser un cultivo poco promocionado, no se conoce mucho sobre los problemas de plagas y enfermedades, sin embargo en cuanto a plagas se han identificado a las siguientes:

| FAMILIA | ESPECIE | NOMBRE COMÚN | TIPO DE DAÑO |
|---------------|------------------------|---------------------------------|--|
| Noctuidae | <i>Agrotis</i> spp. | Gusanos cortadores o trozadores | Mastican el tallo hasta trozar la planta. Consumen follaje y brotes tiernos. |
| Noctuidae | <i>Feltia</i> spp. | Gusanos cortadores | Mastican el tallo hasta trozar la planta. Consumen follaje y brotes tiernos. |
| Chrysomelidae | <i>Diabrotica</i> spp. | Vaquitas o tortuguitas | Mastican hojas y brotes tiernos. |
| Chrysomelidae | <i>Epitrix</i> spp. | Pulguillas | Perforaciones finas de la hoja. |
| Aphidae | <i>Myzus</i> spp. | Pulgones | Succionan savias |
| Miridae | <i>Lygus</i> spp. | Chinches | Perforan y se alimentan de granos tiernos. |

Para prevenir la presencia de estas plagas se debe mantener al cultivo limpio de malezas o eliminar malezas de lotes contiguos, pero si la intensidad del ataque de cualquiera de estos insectos es significativa se puede usar insecticidas, de preferencia los fosforados.

En cuanto a enfermedades sobresalen las causadas por hongos que producen la enfermedad conocida como mal de semillero (*Pythium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia*) que se hacen presentes en los primeros 30 días del cultivo y sobre todo en suelos con mucha materia orgánica. En estado de planta adulta el problema principal parece ser el ataque que *Sclerotinia sclerotiorum* que afecta a todos los órganos de la planta y en especial a las hojas, produciendo clorosis y muerte y, a los tallos y panojas produciendo pudriciones y posterior secamiento. Además se ha reportado la presencia de oidium, cuyo agente causal es *Erysiphe* spp, que produce manchas blanquecinas y deformaciones en las hojas. La presencia de *Curvularia* spp y *Alternaria* spp atacando a las hojas han sido reportadas sobre todo en ambientes de clima caliente. Al igual que en el caso de las plantas, no será necesario realizar combates químicos, si la magnitud de la infección de cualquier enfermedad mencionada, no es significativa.

La presencia de nemátodos, principalmente del género *Meloidogyne* se ha encontrado en amaranto, causando daños significativos. Finalmente, uno de los problemas serios de este cultivo es la presencia de un microorganismo que posiblemente sea Micoplasma, que produce un alto porcentaje de plantas estériles, cuyos órganos florales se transforman en brácteas de un color verde intenso y con la ausencia total de óvulos y anteras y por ende de granos. La solución para este último problema parece estar en utilizar variedades o líneas tolerantes.

d. Cosecha y trilla

La cosecha se realiza cuando la planta presenta signos de madurez, esto es: hojas secas en la base y amarillentas hacia el ápice de la planta y granos secos en la panoja, con cierta dehiscencia en la base de la misma. Se puede realizar la siega con hoz y formar gavillas para luego trillar, esta labor se puede realizar manualmente, golpeando las panojas en tendales o con la ayuda de trilladoras estacionarias. Se han reportado cosechas exitosas, utilizando las cosechadoras combinadas, las que realizan el corte y trilla en el campo al mismo tiempo; sobretodo cuando el cultivo presenta cierta uniformidad y las plantas no presentan panojas decumbentes.

Luego de la trilla es conveniente procesar el grano, previo al almacenamiento o la comercialización. Se debe proceder al secado, el mismo que puede realizarse al sol o con secadoras convencionales. La eliminación de impurezas (restos de hojas, brácteas o cubiertas de la semilla) es conveniente realizar para mejorar la calidad del producto.

e. Ciclo vegetativo y rendimientos

La duración del ciclo vegetativo depende tanto de la variedad y especie a cultivar, como del ambiente, así con: *A. cruentus*, cultivado a 600 m de altitud con 22°C de temperatura, se obtuvo cosecha a los 90 días desde la siembra, mientras que a 3.050 m de altitud con 12°C de temperatura, la cosecha se alcanzó a los 180 días. En general el ciclo del cultivo varía entre 120 y 180 días, pero puede darse casos extremos como 90 o 240 días. Los rendimientos de grano son muy variables, así se han reportado rendimientos desde 900 hasta 4.000 kg/ha, y en lo que se refiere al rendimiento de materia verde en *A. hybridus*, se obtuvieron hasta 20 t/ha de materia fresca a los 40 días desde la siembra, de los cuales el porcentaje de hojas (parte aprovechable como verdura), osciló entre 42 y 60 %, mientras que en *A. cruentus* y *A. caudatus* se han encontrado alrededor de 30 t/ha de materia verde a los 40 días y alrededor de 60 t/ha a los 60 días, también con porcentajes de hojas superiores al 40%.

VALOR ALIMENTICIO

Además de las características agronómicas relevantes de la planta, la importancia del cultivo de amaranto esta en su excelente contenido nutritivo, tanto de su grano como de la materia verde (Cuadro 1).

El valor alimenticio es relevante en proteína, y dentro de esta, su contenido de lisina es muy superior al de los demás alimentos de uso común. Son significativos los contenidos de grasa, fibra y minerales, dentro de los que sobresalen el hierro y el calcio. El balance de aminoácidos y valor nutritivo en general es muy similar a los niveles recomendados por la FAO, para la alimentación humana, si se utiliza una mezcla de iguales proporciones de amaranto y trigo o amaranto y maíz.

CUADRO 1. Valor nutritivo de amaranto. Rango de valores promedios para varias especies en base a peso seco de la porción comestible. (Tomado de varios autores).

| CARACTERÍSTICA | GRANO | VERDURA |
|-----------------|---------------|-----------------|
| Proteína % | 12,0 – 19,0 | 14,0 – 33,3 |
| Grasa % | 6,1 – 8,1 | 1,0 - 4,7 |
| Fibra % | 3,5 – 5 | 5,3 – 17,0 |
| Carbohidratos % | 71,8 | 19,4 – 43,0 |
| Cenizas % | 3,0 – 3,3 | 2,1 – 3,0 |
| Calcio* | 130,0 – 154,0 | 1042,0 – 2776,0 |
| Fósforo* | 530,0 | 740,0 – 760,0 |
| Potasio* | 800,0 | |
| Hierro* | 6,3 - 12,8 | 7,0 – 52,0 |
| Caroteno* | | 24,0 – 33,0 |
| Lisina % | 0,8 – 1,0 | |
| Vitamina C* | 1,5 | 64,0 – 693,0 |
| Calorías** | 391 | |

Miligramos/100g de peso seco

**** Cal/100g de peso seco**

El valor nutritivo del amaranto como verdura, supera en mucho a otras verduras y hortalizas de uso común, como tomate, pepinillos, lechuga y espinaca y los contenidos de oxalatos (compuestos tóxicos presentes en las hojas de amaranto), no superan el 4,6% nivel, que es inofensivo para la salud humana. Estos se destruyen casi en su totalidad con el proceso de cocción con el tratamiento caliente-húmedo.

USOS

El amaranto es un cultivo que puede ser utilizado en la alimentación humana y animal. Para la alimentación humana se puede utilizar el grano, ya sea entero o en harinas. Con el grano entero, previamente reventado (a

manera de maíz canguil) se pueden preparar desayunos, postres, papillas, budines y otros. Se puede también consumir los granos reventados mezclados con miel de caña, chocolate o miel de abeja. En México son muy comunes los dulces a manera de turrone que no son otra cosa que amaranto reventado mezclado con miel y solidificado en moldes.

Luego de tostado o reventado el grano, se puede preparar harina, la misma que se puede consumir mezclada con dulce a manera de pinol o se pueden preparar cualquier derivado de la industria harinera (panes, galletas, pastas, etc.). También estos productos se pueden preparar con harina de amaranto sin tostar, es decir no contienen ningún compuesto antinutricional como es el caso de las saponinas en la quinua o de las lupininas en el chocho, las que deben ser eliminadas por escarificado o lavado antes del consumo.

En el Anexo I. se presentan algunas recetas sencillas para el uso del grano y hojas de amaranto.

Las hojas y tallos tiernos, sobre todo si la planta no ha pasado los 50 días desde la siembra, (Figura 6) son de excelente sabor en ensaladas y sopas con la única condición de no consumirlas crudas. Se puede sancochar al vapor por 5 minutos y luego preparar las más variadas ensaladas.

Se ha comprobado que los restos de cosecha podría ser una buena fuente de alimento para el ganado; estos contienen hasta 1,9% de fibra, 11% de cenizas y 7% de proteína (Bresani y González 1983). Además la planta entera es un excelente forraje sobre todo para combinar con otras plantas forrajeras y los granos hacen una magnífica combinación con sorgo o maíz para alimentar aves de corral, o preparar cualquier tipo de alimento balanceado de uso animal.

POSIBILIDADES DEL CULTIVO EN ECUADOR

El Programa de Cultivos Andinos del INIAP ha realizado algunas pruebas de campo y laboratorio tendientes a evaluar las posibilidades de producir y consumir amaranto en Ecuador. En el aspecto productivo, se ha encontrado que existen grandes posibilidades, sobre todo para los valles de la Sierra, cuyas altitudes no superan los 2.800 m y que presentan alta luminosidad y poca pluviosidad, particularmente se cree que las mejores posibilidades estarían en las provincias de Loja, Azuay, Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha e Imbabura y en las zonas secas o con riego de la Costa.



FIGURA 6. Estado ideal de desarrollo de la planta para consumir como verdura.

A pesar de que no se cuenta con variedades mejoradas, en **INIAP** se dispone de varias líneas promisorias dentro de la especie *A. caudatus* en proceso de mejoramiento, (figura 7) que han demostrado buen potencial de rendimiento (alrededor de 2.000 kg/ha) y adaptación que podrían ser utilizadas para multiplicar semilla e incursionar en un proceso de producción comercial.

Se han realizado varias pruebas tendientes a generar tecnología de manejo del cultivo las que fueron descritas anteriormente. Sin embargo, hacen falta muchos estudios a nivel de campo y laboratorio y sobre todo hace falta una campaña de promoción de la producción y utilización de este cultivo, que a no dudar es una alternativa de producción para muchas áreas agrícolas del país y una alternativa nutritiva para la población ecuatoriana.

COSTOS DE PRODUCCIÓN

En el Cuadro 2 se presenta un resumen de los costos de producción para una hectárea de amaranto. Estos cálculos se han realizado para los valles de la Sierra Central de Ecuador (Provincias de Cotopaxi o Tungurahua); es decir que estos costos pueden variar de acuerdo al valor de mano de obra y maquinaria en otras áreas geográficas del país.

CUADRO 2. Costos de producción y utilidades para una hectárea de amaranto. Valores estimados en sucres (1988).

| RUBROS | CANTIDAD UNIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL |
|-------------------------------------|-----------------|----------------|-------------|
| Maquinaria | | | |
| Preparación suelo | 9 h máquina | 3000 | 27000 |
| Siembra | 3 h máquina | 3000 | 9000 |
| Cosecha | Cosechadora | 500 qq | 20000 |
| Mano de obra directa | 30 jornales | 1000 | 30000 |
| Costos indirectos | | | |
| Administración y Asistencia técnica | | 15000 | 15000 |
| Costos terreno | 6 meses | 25000 | 25000 |
| Insumos | Varios | 70000 | 70000 |
| Subtotal | | | 196000 |
| Imprevistos | 5% | 9800 | 9800 |
| Total Costos (C) | | | 205800 |
| Productividad estimada (P) | 44 qq | 10000 | 440000 |
| Utilidad estimada (P-C) | | | 234200 |



Figura 7. Parcela del cultivo de amaranto a nivel semicomercial, en la Estación Experimental Santa Catalina, 1987

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRANGO, J. Evaluación preliminar agronómica y morfológica de 170 entradas de amaranto (*Amaranthus* spp) del banco de germoplasma del Ecuador Colección INIAP. Tesis Ing. Agr. Quito, Universidad Central, Facultad de Ciencias Agrícolas. Ecuador. 1987. 106 p.
- AUTOR ANONIMO. Recetario básico de Amaranto. El amaranto y su potencial. (Guatemala) 1: 12-14. 1988.
- BECKER, R. y R. M. SAUNDERS. El Amaranto: su morfología, composición y usos como alimento y forraje. El Amaranto y su potencial (Guatemala) No. 1:1-3. 1984.
- BRESANI, R. y GONZALEZ, J.M. Uso potencial de residuo de la materia seca vegetativa del amaranto en la alimentación de rumiantes: Estudios preliminares. El amaranto y su potencial (Guatemala) No.3: 1-3. 1983.
- CAMPBELL, T.A. y ABBOTT, J: A. Field evaluation of vegetable amaranth, *Amaranthus* spp. HortScience 17 (3): 407-409.1982.
- CAMPANA, A. Recetas con kiwicha. In. RODRIGUEZ, I. En su mesa Cultivos Andinos. Proyecto FIPS-CORDE. Cusco, Perú 1986. 69 p.
- COONS, M. The status of *Amaranthus hybridus* L. in South America. Ciencia y Naturaleza (Ecuador) 9 (1): 80-81.1981.
- CHI HUANG, P. A study of the taxonomy of edible amaranth: An investigation of amaranth both of botanical and horticultural characteristics. In: Amaranth Conference, 2do. Proceedings. Emaus, Pensilvania. Rodale Press Inc. 1979 pp. 123-128.
- EARL Y, D. y CAPISTRAN DE EARL Y, J. Recetas de kiwicha basadas en la tradición alimenticia Andina. El amaranto y su potencial. (Guatemala) 1: 15-17. 1988.
- EDWARDS, A.D. y BOLAK. Grain amaranth: Optimization of field population density. In: Amaranth Conference, 2do., Proceedings. Emaus, Pensilvania Rodale Press Inc. 1979. pp. 91-94.
- ESTRELLA; E. El pan de América: Etnohistoria de los alimentos aborígenes de Ecuador. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Centro de Estudios Históricos. Madrid 1986. pp. 101 y 108.

ECUADOR, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS.
Programa de Cultivos Andinos. Informe Anual
1986. Quito, Ecuador 1987. 103 p.

-----, Programa de Cultivos Andinos. Informe Anual 1987.
Quito, Ecuador 1988. 81 p.

-----, Programa de Cultivos Andinos. Informe Anual 1988.
Quito, Ecuador 1989. 71p.

FAWUSI, M.O., D.P. ORMORD y A.M. EASTHAM. Effects of levels of
photosynthetically active radiation on growth
Amaranthus hybridus and *Celosia argentea*.
Journal of Horticulture Science 58 (4): 555-
559. 1983.

FONT QUER, P. Diccionario de botánica. Editorial Labor, S.A. Barcelona
1979. 1244 p.

FULLER, H.J. Photoperiodic responses of *Ch. quinoa* Will and *A. caudatus* L.
American Journal of Botany 36: 175-180.
1949.

GRUBBEN, G.J.H. y D.H. VAN SLOTEN. Genetic Resources of *Amaranthus*. A
global plan of action. Rome. International
Board for Plant Genetic Resources, 1981. 57
p.

ITURBIDE, A. G. y F.L. GOMEZ. Fertilización y densidad de población en
amaranto, *Amaranthus hypochondriacus*,
Chapingo, México (Nueva Época) No.29-30:
20-27. 1981.

KAUFFMAN, C.S. et al. Amaranth grain production guide. New Crops
Department, Rodale Research Center, Emmaus,
Pensilvania 1984. pp 3-6.

MAKUS, D.J. Evaluation of amaranth as a potential greens crop on the mid-
south. HortScience 19 (6): 881-883.1984.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. Amaranth, modern prospects for an
ancient crop. Washington, D.C. 1984. 80 p.

-----, Undeveloped tropical plants with promising
economic value Washington, D.C. 1975. pp.
14-19.

NAUTIYAL, B.P. y A.N. PUROHIT. Morphophysiology of C3, C4 and CAM
species at different altitudes. Indian Journal of
Plant Physiology 23 (2): 220-230. 1980.

NIETO, C Análisis del crecimiento y respuesta al fotoperíodo de seis especies de *Amaranthus*. Tesis M.Sc. Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica, 1986. 101 p.

-----, El amaranto. Desde el Surco (Ecuador). No. 39:9-14. 1982.

OLUFOLAKE, A. O. y T. O. T AYO. Growth, development and mineral contents of three cultivars of amaranth. *Scientia Horticulturae* 13 (2): 181-189. 1980.

PAL, M. Evolution and improvement of cultivated *Amaranthus* I. Breeding system and inflorescence structure. *Proceedings of the Indian National Science Academy* 38B. (1-2): 28-36. 1973.

PERALTA, E. Situación del amaranto en el Ecuador. *El Amaranto y su potencial (Guatemala)* No.2: 3-4. 1985.

SAWER, J.D. The grain amaranths and their relatives; A revised taxonomic and geographic survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 54 (2): 103-137. 1967.

SENFFT, J.P. Protein quality of amaranth grain. *In. Amaranth Conference* 2do. Proceeding. Emaus, Pensilvania, Rodale Press Inc. 1979. pp 43-47.

SUMAR, K.L. *Amaranthus caudatus*: el pequeño gigante. *In. Congreso Internacional de Cultivos Andinos*, 3er. La Paz, Bolivia. 1983. Memorias. pp 311-313.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Vegetables for the hot humid tropics: parts 6 Amaranthus and Celosia*. New Orleans, Agriculture Research, Science and Education Administration. 1979.23 p.

VIETMEYER, N. Nueva gloria del amaranto. *Ceres* 15 (5): 43-46. 1982.

ANEXO 1. ALGUNAS RECETAS BASICAS PARA EL USO DE AMARANTO

Galletas de Harina de Amaranto (Autor anónimo, 1988)

Ingredientes:

850 g de harina de amaranto
250 g de harina de trigo
100 g de amaranto tostado
2 cucharadas de royal
5 huevos
375 g de azúcar
600 g de mantequilla
125 ml de jugo de naranja

Modo de preparar:

Bata la mantequilla con los huevos y el azúcar, agregue el royal y seguidamente, la harina de trigo y la de amaranto. Bátase con un poco de leche y con el jugo de naranja. Luego, agréguele el amaranto tostado y bátase perfectamente. Déjese reposar 20 minutos y enseguida extienda: una parte en la mesa, y corte las figuritas. Posteriormente, agréguese primero la mantequilla luego la harina en una charola en la que se colocarán las figuritas: póngase a cocer a fuego lento.

Crema de Amaranto (Autor anónimo, 1988)

Ingredientes

240 m de caldo, agua o leche
150 g de hojas de amaranto
15 g de harina de amaranto
10 g de cebolla
10 ml de aceite
Sal al gusto

Modo de preparar

Las hojas de amaranto se cuecen en poca agua, por el término de 7 a 10 minutos. En aceite caliente, fría la cebolla hasta que este dorada, retírela y dore la harina de amaranto. Agregue un poco de leche moviendo constantemente durante 7 a 10 minutos. Agregue el resto de la leche. Muela las hojas de amaranto y añádalas; finalmente, agregue la sal.

Tortillas de Amaranto (Early, D. y Capistrán de Early, J. 1988)

Ingredientes

1 taza de harina de amaranto

1 taza de harina de maíz
1 taza de leche o agua
1 huevo
1 cucharada de royal (opcional)
1 cucharada de vainilla (opcional)

Modo de preparar:

Mezcle los ingredientes secos

Añada la leche y el huevo y revuelva muy bien. Engrase ligeramente una sartén (no para freír) y cuando esté bien caliente vacíe un cucharón de la mezcla. Cuando la tortillita este completamente llena de burbujas, voltéela y déjela cocer. Sirvalas con miel, azúcar espolvoreada o simplemente solas.

Colada de Amaranto (Campana, A. 1986).

Ingredientes:

8 tazas de agua
2 tazas de harina de amaranto
1 taza de jugo de naranja
1/2 taza de azúcar
Canela al gusto

Modo de preparar:

En un recipiente medir 6 tazas de agua agregar rajitas de canela y dejar hervir. Disolver la harina de amaranto en 2 tazas de agua a manera de papilla, e incorporar al agua con canela, hervir por 5 minutos, removiendo lentamente. Añadir el jugo de naranja y el azúcar al gusto. Retirar del fuego y servir tibio.

ANEXO 2. GLOSARIO DE TÉRMINOS

| | |
|--------------------|---|
| Alogamia | Fenómeno que sucede cuando el polen llega al estigma procedente de otra flor tanto si ésta corresponde al mismo pie como a otro ejemplar de la misma especie. Se opone a autogamia. |
| Axonomorfa | Raíz cuyo eje principal es preponderante, con los ejes secundarios ramificados de manera racemosa y poco desarrollados en relación al eje principal. |
| Biomasa | Expresa la producción de materia seca o fresca por una planta o un conjunto de ellas. Se puede hablar de biomasa total o por órganos de la planta. |
| Bractea | Cualquier órgano foliáceo situado en la proximidad de las flores y distinto por su forma, tamaño, color, etc. a las hojas normales y también distintas a las que forman el cáliz y la corola. |
| Cotiledones | Hojas seminales de la planta que contienen tejido nutritivo y que hacen el papel de órganos de reserva para facilitar nutrientes a la plántula. |
| Clorofila | Pigmento al que se debe el color verde de las plantas, está localizado en los cloroplastos de las células. Las células con clorofila son las responsables de la fotosíntesis en las plantas. |
| Decumbente | Aplicase a tallos no erguidos, como echados o con tendencia a echarse sobre el suelo. |
| Dehiscencia | Fenómeno de apertura espontánea de un esporangio o fruto para dejar en libertad las esporas o las semillas. |
| Dicasial | Inflorescencia cimosa en que por debajo del ápice caulinar que remata en flor se desarrollan dos ramitas laterales, también floríferas. |

| | |
|------------------------|--|
| Endosperma | Tejido de reserva de las semillas que puede ser digerido totalmente por el embrión al germinar las mismas. |
| Episperma | Cubierta seminal compuesta de dos capas la testa y la endopleura. |
| Estoma | Diminuta abertura fraguada en la epidermis de los órganos verdes de la plantas y que pone en comunicación el sistema de aereación interno con el aire circundante. Sirve básicamente para el intercambio de gases. |
| Fotoperíodo | Duración del tiempo diario que los organismos están expuestos a la acción de la luz |
| Fotorespiración | Fenómeno contrario al de la fotosíntesis, es decir la planta por fotorespiración aumenta el consumo de O ₂ y la liberación de CO ₂ , pero no debido a la respiración mitocondrial sino por una acción estimulada por la luz. |
| Glómérulo | Parte de una inflorescencia, de forma contraída y globulosa, mucho más condensada que un fascículo. |
| Kranz | Anatomía especializada de las hojas de las plantas C ₄ . Presentan dos grupos de células con clorofila, el primero en el mesófilo y el segundo alrededor de la vaina de los haces vasculares. |
| Lignificado | Del latín lignificatio = leño. Fenómeno de acumulación de lignina y celulosa en las membranas celulares, las que se vuelven muy rígidas e incapaces de seguir creciendo. |
| Monoica | Se aplica a las especies en las que ocurre el fenómeno de la monoecia, es decir cuando en la misma planta se encuentran las flores masculinas y femeninas. |
| Opérculo | Parte que se desprende de un esporangio o de un fruto, a modo de tapa. En especial se aplica a la parte superior de un pixidio, que se separa por dehiscencia transversal. |
| Organoléptico | Propiedad de los cuerpos que se pueden percibir por los sentidos. |

| | |
|----------------------|--|
| Poliploide | Organismo con más de dos series completas de cromosomas. Según el número de series se denomina triploide, tetraploide, pentaploide, etc. |
| Perisperma | Tejido de reserva de origen nuclear y que tiene función análoga al endosperma pero no son homólogos ya que el endosperma se origina en el saco embrionario. Perisperma es usado también como sinónimo de albumen o tejido nutritivo. |
| Pixidio | Fruto sincárpico capsular con dehiscencia transversal que puede tener uno o varios lóculos y por ende semillas. |
| Suculento | Del latín succulentus = jugosos. Hojas, tallos o planta entera carnosas, gruesas y con abundante jugo. |
| Tépalo | Hoja floral que forma parte del perigonio y que está cubriendo a los órganos reproductores de la flor. Semejante a los pétalos y sépalos que forman la corola y el cáliz en las flores normales. |
| Transpiración | Proceso de eliminación de agua de las plantas en forma de vapor ya sea por la cutícula (transpiración cuticular) o por los estomas (transpiración estomática). |
| Unilocular | Cavidad de un órgano, generalmente de un fruto o de un esporangio en que se encuentra una sola semilla o espóra. |

Colaboradores

El autor deja constancia del agradecimiento a las personas que de una u otra forma colaboraron con muchos datos e ideas que se presentan en esta publicación: Ing. Raúl Castillo T., Ing. Eduardo Peralta I., Ing. Carlos Vimos N., Lcda. Laura Muñoz E., Egda. Cecilia Monteros J. y Agr. Marco Rivera M. Así también a la Srta. Paulina Montesdeoca N. quien colaboró en el mecanografiado.



CANADA

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo CIID – CANADA

PRODUCCIÓN:
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIÓN SOCIAL
Y RELACIONES PÚBLICAS DEL INIAP
Casilla 2600 – Quito-Ecuador
Septiembre, 1989
Publicación Miscelánea No. 52
CdeA.