

ASPECTOS SOBRE EL ACHIOTE
Y PERSPECTIVAS PARA COSTA RICA

Compendio de los trabajos presentados en el Seminario
realizado los días 10 y 11 de febrero de 1983 en el
CATIE, Turrialba, Costa Rica.

EDITOR: Jorge Arce P.

La preparación y publicación de este trabajo
han sido financiados por la Agencia Alemana
de Cooperación Técnica (GTZ).

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE

Unidad de Recursos Fitogenéticos
Convenio CATIE/GTZ

Turrialba, Costa Rica, 1983

El CATIE es una asociación civil sin fines de lucro, autónoma, con carácter científico y educacional, que realiza, promueve y estimula la investigación, la capacitación y la cooperación técnica en la producción agrícola, animal y forestal, con el propósito de brindar alternativas a las necesidades del trópico americano, particularmente en los países del Istmo Centroamericano y de Las Antillas. Fue creado en 1973 por el Gobierno de Costa Rica y el IICA. Acompañando a Costa Rica como socio fundador, han ingresado Panamá en 1975, Nicaragua en 1978, Honduras y Guatemala en 1979 y República Dominicana en 1983.

- © 1983. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Aspectos sobre el Achiote y Perspectivas para Costa Rica: Trabajos presentados en el seminario realizado los días 10 y 11 de febrero de 1983 en el CATIE, Turrialba, Costa Rica / editor, Jorge Arce P. -- Turrialba, Costa Rica : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Unidad de Recursos Fitogenéticos, 1983. 169 p. ; 28 cm. -- (Serie Técnica. Informe Técnico / Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza ; N^o 47).

1. Achiote - Costa Rica - Congresos I. CATIE
II. Arce, Jorge, ed. III. Título

Dewey 633.86063

Agrinter 2603

G354

CONTENIDO

	<u>Página</u>
PRESENTACION	5
PALABRAS PRONUNCIADAS POR EL DR. LOTHAR SEIDEWITZ EN LA SESION INAUGURAL	7
IMPORTANCIA DE LAS COOPERATIVAS EN LA PRODUCCION, INDUSTRIALIZACION Y COMERCIALIZACION DEL ACHIOTE. S. Largaespada	10
ESTUDIO SOBRE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DEL ACHIOTE EN LOS CANTONES DE AGUIRRE Y DOTA. G. Granados	14
✓ EL ACHIOTE, SU COMPOSICION QUIMICA Y LOS COLORANTES DERIVADOS. J. Calzada	27
ASPECTOS ANALITICOS EN EL ESTUDIO REALIZADO EN EL CENTRO DE INVESTIGACION EN PRODUCTOS NATURALES, CIPRONA. A. Avila	29
EL SECADO DEL ACHIOTE (<i>Bixa orellana</i> L.). R. Quirós	31
ASPECTOS AGRONOMICOS SOBRE EL CULTIVO DEL ACHIOTE (<i>B. orellana</i> L.) EN LOS CANTONES DE AGUIRRE Y DOTA. R. A. Ocampo.	43
ESTUDIO PRELIMINAR DEL DESARROLLO DE RAMAS Y LA BIOLOGIA FLORAL EN <i>B. orellana</i> L. G. Rodríguez; G. Enríquez	58
✓ VARIABILIDAD GENETICA DEL RENDIMIENTO Y ALGUNAS OTRAS CARACTERISTICAS DEL ACHIOTE (<i>B. orellana</i> L.) G. Enríquez; L. Salazar	77
✓ SELECCIONES EN F ₁ A PARTIR DE 13 CULTIVARES DE ACHIOTE EN TURRIALBA, COSTA RICA. G. Enríquez; A. Mora.	103
MANTENIMIENTO DE COLECCIONES DE ACHIOTE EN BANCOS DE GERMOPLASMA. J. A. Morera	124
✓ EL CULTIVO DEL ACHIOTE EN EL CANTON DE AGUIRRE: EXPERIENCIAS DE UN PRODUCTOR. F. Gamboa	136
EL ACHIOTE EN EL CANTON DE HOJANCHA, GUANACASTE. O. Campos	139
LO MARAVILLOSO DE NUESTRA FLORA MEDICAMENTOSA, <i>B. orellana</i> L. L. J. Poveda	142
EL MANEJO ELECTRONICO DE DATOS, ¿COMO Y CON QUE FIN? C. Astorga	148

RECOMENDACIONES DE LOS PARTICIPANTES.	161
PALABRAS PRONUNCIADAS EN LA SESION DE CLAUSURA POR EL DOCTOR LOTHAR SEIDEWITZ	164
LISTA DE PARTICIPANTES	168

PRESENTACION

El CATIE, por medio de la Unidad de Recursos Fitogenéticos (URF), ha venido trabajando desde principios de 1982 en la investigación con el cultivo del achiote, por considerar que este representa una buena alternativa para diversificar la agricultura. En vista del enorme interés mostrado recientemente por productores, investigadores e industriales, se decidió emprender estudios que también incluyeran aspectos agronómicos, debido a que los conocimientos en este campo son muy escasos. Como en el CATIE se cuenta con una colección amplia de achiote, se creyó conveniente caracterizarla con el propósito de identificar materiales promisorios que pudieran contribuir al establecimiento de nuevas plantaciones y al mejoramiento de las ya existentes.

La reciente prohibición de los colorantes sintéticos en productos alimenticios ha hecho posible que los colorantes naturales cobren especial importancia, siendo esta una de las razones por las que se incluyó al achiote como cultivo prioritario dentro de los trabajos que lleva a cabo la URF.

Gracias al interés mostrado por todas aquellas personas e instituciones que en una u otra forma están involucradas con el cultivo, fue posible organizar este primer Seminario cuyo propósito fundamental fue el de dar a conocer los antecedentes y la problemática actual del cultivo en Costa Rica, así como sus perspectivas futuras. Por ello, quisiéramos dejar constancia de nuestro agradecimiento a todas las personas que participaron en este evento.

En este documento se han incluido la mayoría de los trabajos presentados en el Seminario, con la esperanza de que puedan ser útiles para los lectores.

Turrialba, mayo 1983.

Jorge Arce Portugal
Coordinador del Seminario

PALABRAS PRONUNCIADAS POR EL DOCTOR LOTHAR SEIDEWITZ EN LA SESION INAUGURAL

Me es grato dar a ustedes la más cordial bienvenida en nombre de todos los integrantes de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE, y especialmente de su coordinador, Señor Hubertus Heinze, quien actualmente está ausente.

Quiero referirme, aunque sea en forma muy breve, a la labor desempeñada por la Unidad a través de su existencia.

El manejo de materiales diversos se inició en 1944, año en el cual se establecieron las primeras colecciones las que, con el transcurso del tiempo, se han venido ampliando con posibilidad de ser utilizadas en programas de mejoramiento genético.

El desarrollo de la agricultura le ha permitido al hombre incrementar sus áreas laborables, trayendo esto como consecuencia un desplazamiento de la variabilidad ecológica anteriormente existente. Son bien conocidos los problemas vinculados con los monocultivos y con la reducción del número de cultivos en los cuales se sustenta la nutrición humana. La humanidad es consciente de las limitaciones que existen en relación con los recursos naturales. Por esta razón, muchos organismos a nivel mundial se ven en la imperiosa necesidad de hacer llamados urgentes para conservar la diversidad ecológica como fuente de potencial genético utilizable, para poder así sustituir y complementar las fuentes alimenticias y los recursos no renovables, como en el caso del petróleo.

Tomando en consideración todos los aspectos apuntados, la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE se ha dado a la tarea de conservar y evaluar aquellos materiales que se adaptan o puedan adaptarse a fines industriales.

Dentro de la diversidad existente, en la naturaleza no existen recursos genéticos como tales, sino por el contrario, la diversidad debe agruparse y observarse para posteriormente estimularla mediante la obtención de materiales útiles que bien podrían considerarse como "recursos fitogenéticos".

Las actividades actuales de la Unidad comprenden tres aspectos básicos que son: a) introducción de cultivos nuevos; b) ampliación de la variabilidad para que esta pueda ser utilizada en el campo del mejoramiento genético; c) conservación de la variabilidad en plantas cultivadas, ya sea por medio de sus formas primitivas, especies relacionadas o materiales avanzados que están en peligro de desaparecer.

El espectro de acción comprende las siguientes actividades: a) exploración de la diversidad de especies a fin de concretar las medidas a seguir; b) recolección de materiales en peligro de extinción; c) conservación de los materiales recolectados, ya sea en forma de semillas o en colecciones vivas; d) rejuvenecimiento de materiales, ya sea porque se cuente con poca cantidad de semillas o porque estas muestren baja viabilidad; e) intercambio y distribución de materiales con otras instituciones interesadas; f) caracterización de los materiales recolectados y conservados, a fin de determinar su utilidad potencial en programas que los vayan a necesitar.

Los cultivos considerados como prioritarios se han agrupado de la siguiente manera y tomando en cuenta su utilidad regional: a) plantas hortícolas, como por ejemplo, verduras y frutales; b) raíces y tubérculos, entre los que se pueden considerar las aráceas y las euforbiáceas; c) plantas industriales como el café, cacao y aquellas que producen medicinas, especias y colorantes.

De acuerdo con la clasificación anterior, la Unidad no puede dedicarse completamente a atender todos estos cultivos, sino que se debe definir cuáles son los prioritarios para utilizar toda la capacidad de trabajo en la búsqueda de soluciones a un determinado problema. Algunos cultivos que se encuentran en forma de colección y bajo una evaluación sistemática son: pimienta negra, vainilla y chile o ají.

Recientemente se inició una colección de plantas medicinales. En relación con plantas productoras de colorantes, el achiote (*Bixa orellana* L.) ocupa el primer lugar.

Los trabajos realizados con el achiote corresponden principalmente a una caracterización de los materiales, ya que no es posible abarcar todos los aspectos. Con el transcurso del tiempo, se podrían definir otras

prioridades dentro del cultivo a fin de conseguir materiales promisorios para su multiplicación y utilización. La Unidad inició sus trabajos y gracias a la divulgación, se logró obtener el apoyo interinstitucional para llevar a cabo algunos análisis y para considerar otros aspectos complementarios en la realización de este estudio. Creemos que debe existir el indefinido apoyo de otras instituciones, así como el estímulo político para poder llevar a cabo este y otros trabajos en beneficio de los agricultores y de la industria en general.

IMPORTANCIA DE LAS COOPERATIVAS EN LA PRODUCCION, INDUSTRIALIZACION Y COMERCIALIZACION DEL ACHIOTE

Solmar Largaespada Morales*

INTRODUCCION

"La unión hace la fuerza". En este lema, muy conocido, se refleja el tema central y el título de esta charla.

En relación con la producción, industrialización y comercialización del achiote, nos vamos a referir a la experiencia vivida en la Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Achiote R.L. (Coopefruta R.L.), localizada en Quepos, Costa Rica.

Los asociados de Coopefruta R.L. son pequeños agricultores que poseen terrenos quebrados, tienen malas vías de comunicación, siembran arroz, maíz, frijoles, caña, tienen cerdos, vacas y uno o dos caballos, gallinas, árboles frutales, bajos niveles de escolaridad y bajos rendimientos en sus cosechas.

La zona de influencia está situada en los cantones de Aguirre y Dota. Es una zona montañosa. La planta industrial de la cooperativa se sitúa a 15 kilómetros del centro de Quepos y está estratégicamente localizada en la zona de producción.

HISTORIA

El cultivo del achiote se inició desde que los colonizadores del Valle Central llegaron a Esquipulas (San Lorenzo de Tarrazú), hace unos 50 años. Trajeron las variedades comunes y sembraron sin ningún cuidado. Conforme pasaron los años aumentaron las áreas sembradas pero continuaron sin la asistencia debida.

En 1974 y 1975 con la llegada de un voluntario del Cuerpo de Paz y la formación de la Cooperativa en 1976, se incentivaron las siembras con

* Gerente, Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Achiote R.L., Quepos, Costa Rica.

las expectativas de industrialización y exportación. Estas no se cumplieron sino hasta la cosecha de 1982.

Desde su fundación hasta 1982, la Cooperativa era un intermediario más. Solamente recibía materia prima, la almacenaba y la vendía cuando el fabricante la necesitaba. No fue sino hasta en julio de 1982 que se empezó a industrializar en pequeña escala y hasta febrero de 1983 que se empezó a trabajar en gran escala.

PRODUCCION

El papel de la Cooperativa en la producción es el de lograr básicamente que el asociado aumente su producción y su productividad. Para ello se requieren varias actividades, las cuales el asociado por sí solo no es capaz de llevar a cabo. Entre estas tenemos: lograr asistencia técnica, proveer insumos de todo tipo, procurar mejores precios por medio de ventas en grandes volúmenes e industrializar el producto y llegar lo más cerca posible del consumidor.

Para aumentar la producción y la productividad, la empresa cooperativa debe promocionar al asociado y atraer al no asociado. La promoción se puede lograr con mejores precios, diversificando las actividades, ofreciendo mercados seguros, pesos exactos, buen trato, buenos controles, informes periódicos, educación cooperativa, educación agrícola y otros medios. Pero el aspecto más importante es el precio y la seguridad de que el productor va a vender su producto.

INDUSTRIALIZACION

La industrialización no se puede lograr con pequeñas cantidades. Por eso es necesario que los pequeños productores se asocien para industrializar conjuntamente su producción. En el caso del achiote, la Cooperativa se propuso salir con un buen producto y no imitar la competencia. No quisimos vender sebo teñido como es lo tradicional. Hubo que trabajar para encontrar quien nos ayudara, hasta que encontramos al CITA (Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos) quien nos facilitó uno de sus especialistas. Se

necesitó mucho trabajo para lograr industrializar el producto en pequeña escala y más adelante en gran escala.

Cada productor por sí solo nunca hubiera podido lograr el objetivo que perseguíamos. Una vez logrado el producto, continuó la investigación para mejorarlo y utilizar los subproductos. La Cooperativa trabaja en la diversificación para aumentar los ingresos de los asociados y para darle uso pleno al equipo y maquinaria de la planta.

Las ventajas de transformar el achiote, entre otras, son las siguientes: reducción del volumen, disminución de la perecibilidad, mayor calidad, extensión del período de abastecimiento, facilidad en el manejo y utilización de excedentes (almacenamiento de la sobreproducción para lograr subproductos).

COMERCIALIZACION

El importante papel de las cooperativas en relación con el achiote no estaría completo si no se incluyera la comercialización, aspecto muchas veces, por no decir casi siempre, crucial.

Una vez implementados los aspectos de producción e industrialización, continúa la comercialización. No es lo mismo que cada productor venda directamente la materia prima sin elaborar, que la Cooperativa venda gran cantidad del producto ya elaborado.

Durante muchos años, intermediarios de otros lugares compraron el producto al agricultor para llevarlo a San José a industrializarlo y luego venderlo. En la actualidad, Coopefruta R.L. recibe la materia prima, la elabora y procede a venderla casi directamente al consumidor. Decimos casi directamente pues nuestro Departamento de Ventas es la Unión Nacional de Cooperativas (UNACOOPE R.L.), de la cual nuestra Cooperativa es una afiliada. De esta forma, la Cooperativa eludió el problema de la distribución encargándosela a otra empresa especializada, de la cual somos socios.

La Cooperativa realiza casi todas las funciones del mercadeo: compra, fija precios, acopia, almacena, clasifica, elabora, envasa, transporta,

vende e informa. Dentro de poco podremos financiar a los asociados, quedando solamente por realizar la función auxiliar de la asunción de riesgos, aunque algunos de estos actualmente se están asumiendo.

CONCLUSIONES

1) El achiote es un cultivo que no se presta para que cada productor lo maneje en forma individual, excepto que tenga mucha extensión y suficientes medios. Solamente en la producción es mejor la individualidad. La asesoría técnica es indispensable para todos los productores.

2) En cuanto a la comercialización del producto, es aconsejable manejarla conjuntamente, especialmente si lo que se quiere vender es un buen producto y no sebo con achiote únicamente.

3) Las cooperativas constituyen el instrumento apropiado para canalizar los esfuerzos que realizan los productores de achiote. Por esta razón, sería conveniente que en las zonas en donde existen varios productores de este colorante se pudieran formar cooperativas. De esta forma se aunarían esfuerzos para una mayor y constante superación.

ESTUDIO SOBRE PRODUCCION Y COMERCIALIZACION DEL ACHIOTE
EN LOS CANTONES DE AGUIRRE Y DOTA

Gustavo Granados*

INTRODUCCION

El presente estudio se realizó como parte del "Proyecto de Aprovechamiento Industrial del Achiote", con la finalidad de obtener la información real básica para conocer la situación actual del cultivo del achiote y sus productos en los cantones de Aguirre y Dota.

La razón fundamental por la que es importante conocer la situación de este cultivo y la comercialización del producto, es debido a que la mayoría de los productores de achiote han ido disminuyendo progresivamente sus áreas cultivadas por problemas sumamente serios en el mercadeo de los productos. Aparte de esta razón, el estudio pretende suministrar los datos para ver la posibilidad de instalar una planta extractora de bixina en esa región.

METODOLOGIA

Para llevar a cabo el presente estudio se realizó una encuesta a 120 productores de distintos lugares de la región previamente seleccionados.

Dentro de la información contemplada en la encuesta se consideraron cuatro aspectos básicos: información general, datos de producción, comercialización del producto e información final sobre la posibilidad de instalar una planta extractora de bixina en Quepos. Seguidamente se tabuló la información suministrada por la encuesta y se procedió al análisis. Finalmente se formuló este estudio, el cual pretende suministrar los datos reales observados y analizados.

* Economista Agrícola, Centro de Investigación en Productos Naturales, Universidad de Costa Rica.

ANTECEDENTES

El achiote (*Bixa orellana*) conocido también con los nombres de achote, bija, bixa, anoto, anato, ocote y otros, es un pequeño árbol de 2,5 a 4 m de altura. Es nativo de zonas tropicales, desarrollándose principalmente en climas cálidos-húmedos y semicálidos.

Se introdujo a la zona de Quepos hace más de 30 años utilizándose como cerca y aprovechando sus semillas para extraer una pasta, la cual se usa para teñir comidas.

El cultivo tuvo su auge en los años setenta al ver que el producto se estaba usando en las ciudades y que las industrias comenzaban a comprar en la región. Por esa época el achiote se desarrollaba bajo condiciones favorables, sin problemas de plagas y enfermedades y su producto se procesaba rudimentariamente en las casas extrayendo una pasta, la cual compraban los intermediarios a precios regulares.

El cultivo fue aumentando en forma incontrolada y sin asistencia técnica alguna. Esto provocó que la oferta creciera de un momento a otro sobrepasando la demanda; por esta razón los precios disminuyeron y empezaron a quedar excedentes del producto que no era absorbido por los compradores. Desde entonces los productores empezaron a reducir sus plantaciones y, en algunos casos, reemplazaron el cultivo por otros de mercados más seguros.

En 1976 se formó la Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Achiote (Coopefruta R. L.), con la finalidad de buscar soluciones a los problemas que afectaban a los achioteros de Quepos. La Cooperativa comenzó con la comercialización de la pasta de achiote de sus asociados, que hasta ese momento sumaban 150 miembros, quienes pensaron en el aprovechamiento industrial del achiote con la finalidad de obtener un producto que tuviera mayor valor agregado. De esta forma, solicitaron al Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA) la realización de los estudios necesarios para producir e industrializar el achiote en la región.

Actualmente el achiote tiene gran importancia como colorante natural, debido a que se ha prohibido el uso de colorantes sintéticos.

El CIPRONA, bajo el auspicio de la Agencia Internacional de Desarrollo (AID), con fondos del préstamo 515-W-030, se hizo responsable de llevar a cabo el Proyecto de Aprovechamiento Industrial del Achiote, dividiéndolo en tres etapas de investigación y estudio que son:

1. Investigación agronómica, situación actual de la producción y comercialización del achiote.
2. Análisis y valoración química de la semilla para determinar los productos comerciales.
3. Estudio de prefactibilidad para instalar una planta extractora de bixina.

Este estudio presenta la primer etapa del proyecto.

RESULTADOS.

Se realizaron 120 encuestas en 25 lugares diferentes ubicados en los cantones de Aguirre y Dota.

De las 300 ha destinadas al cultivo del achiote en la región, en este estudio se analizaron únicamente 276,5 ha, de las cuales 235,75 ha están en producción y las restantes 40,75 ha no lo están.

Un 58% de los productores tienen intención de aumentar el área en 112,5 ha para el presente año siempre y cuando se garantice mercado al producto, en tanto que el 42% de los productores no muestran interés alguno por las razones que se anotan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Razones o motivos por las que no hay interés de aumentar el área de siembra. 1982.

RAZON	PORCENTAJE
Tiene otro cultivo	30
No tiene tierra	14
Malos precios	14
Falta mano de obra	12
Problemas de venta	8
Otros ^{1/}	22
	100%

^{1/} En otros, el 22% se debe a problemas de vejez del productor, plagas y enfermedades del cultivo, desinterés y por no dar razón alguna.

Los meses de cosecha son setiembre, octubre y noviembre, siendo octubre el mes de mayor producción.

1. Vías de acceso

La mayoría de los caminos hacia las fincas son de tierra. Al 71,7% de las fincas se llega por camino de tierra; al 28,3% restante por camino lastreado.

El 58,3% de los caminos se pueden usar todo el año, mientras que los 41,7% restantes no se pueden usar en la época lluviosa.

2. Datos productivos

a. Producción

La producción obtenida y realmente comercializada fue de 203,066 kg. de semilla fresca. Según técnicos de la zona, un 10% de la producción se perdió por diversos motivos que se detallan más adelante. Con esta pérdida, la producción de la zona se estimó en 223 toneladas métricas (T.M.) de semilla fresca, representando esto un 75% de la producción nacional estimada en 300 T.M. De las 203 toneladas métricas producidas en la zona, el 77,7% se comercializó en pasta, el 22,2% en semilla seca y el 0,1% en cápsula.

b. Distribución de la producción y del área por lugar

La distribución de la producción comercializada y del área sembrada por lugar se detalla en el Cuadro 2. Se puede observar que los lugares en donde hay más plantaciones son Naranjito, Esquipulas, Paso Real, Villa Nueva y Salitrillos, los cuales representan el 43,6% del área total de la región.

Los lugares que tienen mayor producción son: San Ramón, Salitrillos y Naranjito, con el 53,12% del total de la región, siendo el primero el mayor productor con el 25,37%.

c. Rendimientos

El rendimiento promedio de producción se estima en 861 kg por hectárea de semilla fresca, siendo este sumamente bajo en comparación con plantaciones comerciales tecnificadas que dan rendimientos de más de 3.000 kilogramos por hectárea.

Cuadro 2. Distribución de la producción comercializada y del área por lugar. 1982.

Lugar	Área sembrada		Producción semilla fresca	
	Hectáreas	%	Kg	%
Naranjito	27,5	9,95	16.888,0	8,30
Esquipulas	27,0	9,75	11.094,3	5,46
Paso Real	23,5	8,5	9.582,7	4,72
Villa Nueva	21,0	7,6	11.746,5	5,78
Salittrillos	21,0	7,6	39.506,2	19,45
Cañas	18,5	6,7	3.459,2	1,70
Santa Juana	18,2	6,6	7.914,5	3,9
Nene	15,7	5,65	4.504,3	2,2
Tocorí	13,0	4,70	9.060,7	4,46
Buenos Aires	10,7	3,85	2.870,4	1,40
Platanillo	10,2	3,7	5.696,6	2,8
San Ramón	10,0	3,6	51.520,0	25,37
Nara	10,0	3,6	6.859,5	3,37
Gallega	8,7	3,1	5.107,8	2,5
Quepos	8,0	2,9	1.634,5	0,80
Londres	7,0	2,5	3.341,5	1,65
Cerro	5,5	2,0	1.678,0	0,82
Bijagual	5,0	1,8	54,0	0,02
Cotos	4,0	1,45	2.414,0	1,2
Managua	3,0	1,15	-	-
Santa Marta	2,5	0,95	3.947,8	1,95
Río Blanco	2,0	0,7	2.031,4	1,0
Cerritos	2,0	0,7	471,0	0,25
Botella	1,5	0,55	1.015,7	0,5
Negro	1,0	0,4	668,0	0,4
Total	276,5	100%	203.066,0	100%

Fuente: El autor

d. Edad del cultivo

En el Cuadro 3 se pueden observar los años en que fueron establecidas las plantaciones en la región. Es importante destacar que el cultivo se inició hace más de 30 años, siendo en los años 70 donde hubo mayor interés por incrementar el área de siembra. En esa década se puede ver claramente que el área sembrada aumentó en un 77,7% en relación con otros años.

Cuadro 3. Años de siembra y número de hectáreas sembradas desde 1955 o antes hasta 1982, en la región de Quepos, Costa Rica. 1982.

Años de siembra	Area sembrada (Hectáreas)	Porcentaje
1955 o antes	11,0	4,0
1956 a 1960	4,0	1,4
1961 a 1965	12,0	4,3
1966 a 1970	1,0	0,3
1971 a 1975	29,5	10,6
1976 a 1980	182,75	66,1
1981 a 1982	4,0	1,4
No sabe	32,25	11,9
Total	276,50 ha	100%

e. Características técnicas del cultivo detectadas

La asistencia técnica es un problema que ha afectado a la mayoría de los productores, ya que de los 120 encuestados el 96,6% no la han recibido nunca y el 3,4% la recibió apenas escasamente. Por consiguiente, el cultivo se ha desarrollado sin orientación técnica en el uso de agroquímicos. Un 92,5% de los encuestados nunca han usado estos productos lo

que ha provocado que en la mayoría de las plantaciones existan problemas de plagas y enfermedades que limitan la producción. Un 89,2% de los productores han tenido problemas con el cultivo por este concepto, mientras que los restantes 10,8% los ha tenido por falta de financiamiento.

3. Comercialización

a. Distribución de la producción

La mayoría de los productores se encuentran ubicados cerca de los centros de población. Los problemas que tienen para sacar el producto al lugar de venta están relacionados con las malas condiciones de los caminos. De los 120 productores, el 41% tiene problemas para sacar el producto y el 45% de estos problemas son debidos a malos caminos. El restante 55% de los problemas son debidos a falta de vehículos y el tener las plantaciones lejanas del lugar de venta.

Los productores utilizan diferentes medios para sacar la producción al lugar de venta. Así, el 70,8% de los productores sacan el producto a caballo, el 10% al hombro, el 7,5% en camión, el 4,2% en carreta o chapulín y el 7,5% dejó perder su producción o la consumió.

El destino de la producción es el Valle Central, lugar donde existen industrias procesadoras de la pasta.

b. Venta del producto

La producción comercializada en 1981 fue de 203 toneladas métricas de semilla fresca de las cuales 157,44 T.M. fueron transformadas en pasta, 45,05 T.M. se vendieron como semilla seca y 0,51 T.M. en cápsula.

De los 120 productores un 87,5% transformó su producción en pasta, el 3,3% vendió la semilla seca y el mismo porcentaje la vendió en cápsula, el 5,9% no se comercializó.

c. Demanda

Los compradores son en su mayoría intermediarios procedentes de industrias ubicadas en el Valle Central tales como "Los Patitos", "Los Rodriguez"

y particulares. El 68,3% de los agricultores vende su producto a estas personas, el 20% vende a Coopefruta R. L. y los restantes 2,5% lo procesan en su propia fábrica.

Los problemas de mercado han afectado al 42% de los productores, principalmente porque los intermediarios pagan malos precios. Otros problemas han sido la falta de transporte y la irregularidad del comprador, lo que ha ocasionado inestabilidad del mercado y pérdida de la producción.

d. Precios

Los precios estimados por kilogramo de pasta, de semilla seca y de cápsula de la cosecha de 1981, se anotan en el Cuadro 4.

El precio de la semilla seca en promedio se pagó a ₡32,0 por kg. La variación del precio se debió a que la semilla no tenía el grado de humedad comercial (12 a 14%) o que se había pasado de su punto de cosecha.

Cuadro 4. Precios de los productos del achiote en Quepos, Costa Rica. 1981.

Producto	Precio en colones por kilogramo		
	Promedio	Mayor	Menor
Pasta	93,85	94,75	70,40
Semilla seca	32,00	40,00	14,00
Cápsula	11,00	12,60	9,00

En 1982 la pasta se pagó entre ₡200 y ₡250 por kg. La semilla seca entre ₡22 y ₡50 por kg. y la cápsula entre ₡5 y ₡10 por kg.

e. Transporte

El medio de transporte más común entre los productores es el caballo, por lo que hay un gran número que no pagan transporte (11,85% de los encuestados). Existe un 5,8% que sí lo paga, pero no se pudo determinar el costo

por ser muy relativo en relación con la distancia de la finca y el tipo de producto.

f. Comercialización por parte de Cooperativas

Coopefruta R. L. es una Cooperativa que se formó en 1976 con la finalidad de solucionar el grave problema de comercialización que afrontaban los productores de achiote.

De los 120 productores, el 58,3% ha comercializado a través de esta institución. Según la información recolectada existe un 42,8% de ellos que considera que el servicio es regular, un 35,7% opina que es bueno y un 21,5% que es malo.

Las razones fundamentales por las que consideran que el servicio es regular o malo, es porque hay fallas administrativas o porque no pagan bien.

g. Planta industrial

"El instalar una planta procesadora de achiote en la región sería de mucho beneficio, siempre y cuando absorba la producción de la zona y se pagen buenos precios." Esta fue la respuesta del 91,6% de los productores al preguntárseles si venderían el producto a una planta industrial de la zona. El 8,4% restante no vendería, por tener industria propia, mala ubicación de la finca o porque considera que pagan mal.

CONCLUSIONES

1. La producción de achiote ha ido disminuyendo debido a una serie de factores que afectan la producción y comercialización, tales como:

- a. No hay asistencia técnica ni financiamiento para desarrollar el cultivo, lo que ha provocado que haya incidencia de plagas, enfermedades y baja productividad en una zona en donde existe un gran potencial.
- b. El mercado del producto lo constituyen las industrias nacionales procesadoras de la pasta, el cual se ha limitado.

- c. Los compradores del producto pagan malos precios y no compran la totalidad de la producción, incurriendo el agricultor en grandes pérdidas.

2. Los productores de la región consideran que debe buscarse una nueva alternativa para que el achiote les proporcione mejores beneficios. Ellos proponen que se investigue sobre la posibilidad de industrializar el achiote con la finalidad de extraer colorantes.

RECOMENDACIONES

Después de analizar la información obtenida se recomienda que:

1. Se desarrolle un programa de asistencia técnica para el cultivo, responsabilizando de este a las instituciones encargadas.
2. Se coordinen los trabajos a realizar con el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, institución en la que se están llevando a cabo investigaciones con el cultivo.
3. Se busque una alternativa viable para que el achiote sea procesado y proporcione mayores beneficios al productor y, por ende, al país.
4. Se promueva con las instituciones responsables la búsqueda de mercados potenciales para los productos elaborados del achiote.

LITERATURA CONSULTADA

1. AMPIEE, H. M. Investigación cualitativa de vitamina A y provitamina A en el achiote (*Bixa orellana* L.). *Revista de Biología Tropical* 4(2):223-227. 1956.
2. ARAYA, H. *et al.* Composición y empleo del achiote (*Bixa orellana* L.) en raciones para gallinas ponedoras, para la pigmentación de la yema del huevo. *Agronomía Costarricense* 1(2):143-150. 1977.
3. BANCO NACIONAL DE COSTA RICA. Algunas características del achiote. *Boletín informativo No.45*. 1977. pp. 121-125.
4. CATALAN, S. Achiote, resumen de la información disponible; información para técnicos. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 1974. 16 p.
5. CEVALLOS AMPUERO, M. Achiote. Lima, Ministerio de Agricultura y Alimentación. 1978. 16 p.
6. DERAS, J. y MATA, R. Visita a las zonas productoras de achiote de San Isidro de El General y Quepos. DAISA, San José, Costa Rica. 1981. sp. (Mimeografiado).
7. HART, G. Bixin content of *Bixa orellana* in Papua and New Guinea. *Papua and New Guinea Agricultural Journal* 17(1):8-11. 1964.
8. INGRAM, J. and FRANCIS, B. The annatto tree (*Bixa orellana* L.): a guide to its occurrence, cultivation, preparation and uses. *Tropical Science* 11(2):97-102. 1969.
9. JIMENEZ, O. El achiote, *Bixa orellana* Linn. Fam. Bixaceae. *Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica* 18(155-156):561-567. 1947.
10. JOHNSTON, T. D. El achiote como una alternativa promisoría para incluir en sistemas del pequeño agricultor. Turrialba, CATIE. 1976. 63 p.
11. LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, San José, Costa Rica. 487 p. 1968.
12. LIZANO, C. Estudio sobre el cultivo del achiote. Oficina del Café, San José, Costa Rica. 1969. 33 p.
13. MORALES, N. Datos etnobotánicos sobre el achiote. *Educación (Costa Rica)* 9(30):36-38. 1962.
14. PATIÑO, V. M. Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial. Cali, Colombia, Imp. Departamental. 1964. Tomo II.

- PITTIER, H. Plantas usuales de Costa Rica. 2a. ed. rev. San José, Editorial Costa Rica. 1978. 292 p.
- QUIROS, M. R. y CHACON, E. J. Proyecto de industrialización del achiote, semilla seca y polvo. Quepos, Costa Rica, Ministerio de Planificación Nacional. 1982. sp.
- RIVERA ERAZO, R. El achiote, una promesa para El Salvador (*Bixa orellana*). El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Circular No.80. 1967. pp. 1-18.
- RIVERA, S. El cultivo del achiote. Guatemala. Ministerio de Agricultura. 1980. 16 p.
- RODRIGUEZ, O. Estudio de prefactibilidad para la comercialización de achiote y jengibre en la zona de Quepos. Instituto Nacional de Fomento Cooperativo, San José, Costa Rica. 1978. sp.
- SALAZAR, L. E. Proyecto para la producción y comercialización de la semilla de achiote seca y entera en Quepos. Quepos, Costa Rica. Ministerio de Planificación Nacional. 1982. sp. (Mimeografiado).

EL ACHIOTE, SU COMPOSICION QUIMICA Y LOS COLORANTES DERIVADOS

José Calzada A.*

La semilla del achiote está constituida de 40 a 45 por ciento de celulosa, 20 a 28 por ciento de humedad, 4 a 5,5 por ciento de pigmentos, 3,5 a 5,2 por ciento de azúcares y 0,25 a 0,85 por ciento de un aceite esencial. Además, contiene un aceite en cantidades variables de 1 a 5 por ciento.

El colorante principal presente en el achiote es la bixina. Además, existen otros en menor proporción de naturaleza carotenoide.

El aceite del achiote se puede extraer mediante el uso del éter de petróleo. Por evaporación de este último, se obtiene un líquido viscoso altamente coloreado el cual posee un alto contenido de provitamina A. Sin embargo, la cantidad de bixina presente es muy pequeña. Este aceite puede ser empleado para colorear productos alimenticios cuya constitución es principalmente lipofílica.

Una vez extraído el aceite del achiote, el empleo de un disolvente orgánico tal como cloroformo, acetato de etilo o acetona, disuelve la bixina la cual se puede obtener como un producto puro y cristalino.

Existen en el mercado otros tipos de colorantes derivados del achiote los cuales se presentan en disolución acuosa o en aceite. El primero de ellos se obtiene mediante la extracción con hidróxido de potasio haciendo uso de las propiedades ácidas de la bixina. Esta disolución una vez filtrada, se emplea para colorear quesos y otros productos alimenticios. Si la disolución anterior se acidula, la bixina precipita y se separa por filtración o centrifugación. Posteriormente esta pasta se puede emplear para formular colorantes disueltos en agua o en aceite.

La bixina puede ser directamente extraída con aceite empleando una mezcla de propilenglicol e hidróxido de potasio. Debido a las características de la mezcla resultante, este colorante puede utilizarse para alimentos con

*Director, Centro de Investigación en Productos Naturales, Universidad de Costa Rica.

base acuosa o base lipofílica.

El color impartido por los colorantes del achiote es el anaranjado, y tiene la gran ventaja sobre otros colorantes naturales, en que se pueden elaborar tanto para soluciones acuosas como también lipofílicas.

ASPECTOS ANALITICOS DEL ESTUDIO REALIZADO EN EL
CENTRO DE INVESTIGACION EN PRODUCTOS NATURALES
- CIPRONA -

Aurelia Avila*

Actualmente se está llevando a cabo en el CIPRONA un estudio integral sobre el aprovechamiento agroindustrial del achiote. Su éxito radicará, fundamentalmente, en la selección de una variedad con un alto contenido de bixina y aceite. Por tal razón, se trabajó en una metodología de análisis aplicable al estudio de la colección de variedades de achiote del CATIE, con el fin de seleccionar las más promisorias desde el punto de vista de producción de bixina y aceite.

La bixina es un carotenoide carboxílico con una estructura química básica similar a la del caroteno, con un grupo carboxilo libre y otro esterificado como grupos terminales, los cuales le confieren las características de un ácido orgánico, con sus propiedades específicas en lo que a solubilidad y estabilidad se refiere.

Por la presencia del grupo esterificado, la bixina es soluble en aceites y grasas, además de cloroformo, piridina, ácido acético glacial y propilenglicol. Presenta gran estabilidad a condiciones normales pero tiende a degradarse en presencia de luz y alta temperatura. Es resistente a ácidos, álcalis y a la acción microbiana.

Para llegar a establecer una metodología final en el aspecto analítico, se tomaron en cuenta cuatro factores fundamentales a saber: homogeneidad de la muestra, contacto con el solvente, tiempo de extracción y temperatura de extracción.

Luego de múltiples pruebas se llegó a las siguientes conclusiones:

1) El grano debe analizarse entero para evitar la pérdida de bixina durante el proceso de molienda, ya que esta se encuentra localizada en la capa externa. Factores como el contacto de la muestra con el solvente y el

*Centro de Investigación en Productos Naturales, Universidad de Costa Rica.

tiempo de extracción son muy importantes, pero el factor temperatura es determinante, ya que una extracción a altas temperaturas provoca la degradación del colorante.

Se definió como método para análisis de la bixina de variedades provenientes del CATIE, la extracción con cloroformo en frío y posteriormente, la cuantificación del pigmento presente en el extracto, por espectrofotometría, a una longitud de onda de 500 nm.

La extracción del aceite se llevó a cabo por percolación con hexano, durante cuatro horas y posteriormente se cuantificó el residuo de grasa extraído.

Una vez definida la metodología a seguir, se hizo una comparación con muestras de diez variedades de achiote provenientes del CATIE, almacenadas en un caso, en condiciones no controladas del laboratorio del CIPRONA y en otro caso, en condiciones controladas de la cámara de secado de semillas del CATIE a saber, 25°C y 22 por ciento de humedad relativa.

Estudios preliminares realizados con muestras de 10 variedades de achiote almacenadas por espacio de varios meses en condiciones de laboratorio, mostraron que en el 90 por ciento de los casos se presentó degradación tanto de la bixina como del aceite.

EL SECADO DEL ACHIOTE (*Bixa orellana* L.)

Ricardo Quirós Murillo*

INTRODUCCION

La mayoría de los países productores de achiote como Perú, Ecuador, Kenya, India, República Dominicana, Brasil y Reino Unido poseen cultivos comerciales para la exportación de semilla seca (7).

Según informes de la empresa Kalsec Inc. de los Estados Unidos, las importaciones actuales alcanzan las 2.500 toneladas por año. Los países europeos como Inglaterra, Dinamarca y Nueva Zelanda importan la semilla seca para extraer el material colorante o extracto y luego utilizarlo en la industria de productos lácteos principalmente (3).

En Costa Rica, estudios recientes para incorporar achiote en los concentrados avícolas en sustitución del carophyl (producto comercial), han demostrado aceptación (1). Según ventas realizadas por la Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Achiote, R.L. (Coopefruta R.L.) a empresas de este tipo, el valor de la semilla fue de ₡700,00 el quintal (46 kg) en el año 1981 y de ₡2.000,00 en el año 1982.

De ahí el interés de la Cooperativa por impulsar la industrialización del achiote en el cantón de Aguirre. El secado del producto en sus dos formas, pasta y semilla, ha despertado un interés general por parte de sus socios y de la comisión técnica formada por técnicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Consejo Nacional de la Producción (CNP), Oficina de Planificación Nacional y Política Económica (OFIPLAN), Instituto de Desarrollo Agrario (IDA), Banco Nacional de Costa Rica (BNCR) y el Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA). El objetivo principal de los socios y de la comisión técnica es lograr industrializar el achiote (6).

* Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos (CITA), Universidad de Costa Rica.

Este proyecto cuenta con el respaldo del CITA quien ha aportado equipo y asistencia técnica para su iniciación.

Un aspecto que se tomó en cuenta para introducir secadoras convencionales en vez de solares, fue el de contar con factores ambientales adversos para el secado solar de la cápsula. Los meses de cosecha del achiote van desde setiembre hasta noviembre en la zona referida. Datos meteorológicos de los últimos cinco años suministrados por la Agencia de Extensión Agrícola de Quepos, dan cuenta que la precipitación promedio durante esos meses fue de 432 mm y que la humedad relativa osciló entre 83 y 86%. El inconveniente que actualmente presenta este proyecto es el bajo contenido de bixina que muestran las variedades cultivadas en la zona.

Muestras enviadas por la compañía DAISA a los Estados Unidos de América para ser analizadas en los laboratorios de Kalsec Inc., revelaron que el contenido de bixina está por debajo del límite de aceptación de 2,5%.

RECOLECCION

Se han encontrado agricultores que utilizan la práctica del volteo (similar a la del maíz) de ramas de achiote para evitar que el agua penetre en la cápsula y dañe la semilla cuando esta tiende a abrirse. La semilla se seca al quedar expuesta al viento y al sol.

La desventaja de la recolección radica en que no todas las cápsulas estarán maduras al momento de la cosecha. Tal como afirma Lizano (5), las cápsulas se recolectan cuando están maduras, lo cual se nota por la firmeza al tacto con los dedos. Las cápsulas terminales son las últimas en madurar y cuando ello sucede, las inferiores pueden estar ya secas. Estas deben cortarse con tijeras para luego ser secadas al sol sobre superficies limpias. Posteriormente, los frutos secos deben ser "aporreados" o batidos a fin de separar las semillas.

SEPARACION DE LA SEMILLA

Ingram y Francis (3) informan que en la India para la preparación de la semilla, se extienden las cápsulas sobre mantas para secarlas al sol durante diez días protegiéndolas de la lluvia y del rocío. En Jamaica se usa la misma práctica pero se informa que se puede desgranar la semilla mediante una máquina. Sin embargo, se prefiere el viejo método de separación de la semilla que consiste en colocar las cápsulas bien secas en una bolsa grande y batirlas o golpearlas con una vara para separar la semilla. Luego se criba en una malla de 1/4 de pulgada para eliminar basuras y cáscaras. Finalmente, para eliminar partículas finas de basura o tierra, se criba nuevamente en una malla fina o se puede ventilar a mano o en una máquina (8) La máquina consta de un rodillo y una placa con pines de acero que se cruzan en dirección contraria para quebrar la cápsula. Al quebrarse esta, se separa la semilla y ambas caen en una malla de 1/4 de pulgada. Esta malla es accionada manualmente o con la ayuda de un motor, la cual vibra y hace pasar las semillas. En otros casos, la malla posee un tornillo sin fin para separar la cáscara. Estas máquinas por lo general pesan de 30 a 35 kg y son de madera, de tal forma que se pueden transportar al hombro de un lugar a otro.

La desventaja de extraer la semilla mecánicamente radica en las grandes pérdidas de colorante que se producen al quedar este adherido a la cáscara. Estas pérdidas se estiman en $4,6\%^{1/}$, en tanto que con el método manual las pérdidas se estiman en 1%. Existe una diferencia bastante significativa al comparar ambos métodos de extracción.

Las semillas frescas están cubiertas por una masa de color rojo brillante la cual se oscurece cuando estas se secan (2) Las semillas deben manipularse cuidadosamente a fin de evitar que la materia colorante se desprenda. Se deben empacar en bolsas impermeables y el producto se debe enviar rápidamente a su destino, ya que el colorante es destruido por

^{1/} Método desarrollado por el CITA para la determinación de pigmentos totales.

exposición a la luz y durante el almacenamiento. Por esta razón, el producto almacenado tiene menos valor que la semilla seca y fresca.

SECADO

Secado y deshidratación son términos que están asociados. En el secado ocurre pérdida de agua por métodos naturales (sol, aire), mientras que en la deshidratación esta pérdida ocurre por métodos artificiales diseñados por el hombre.

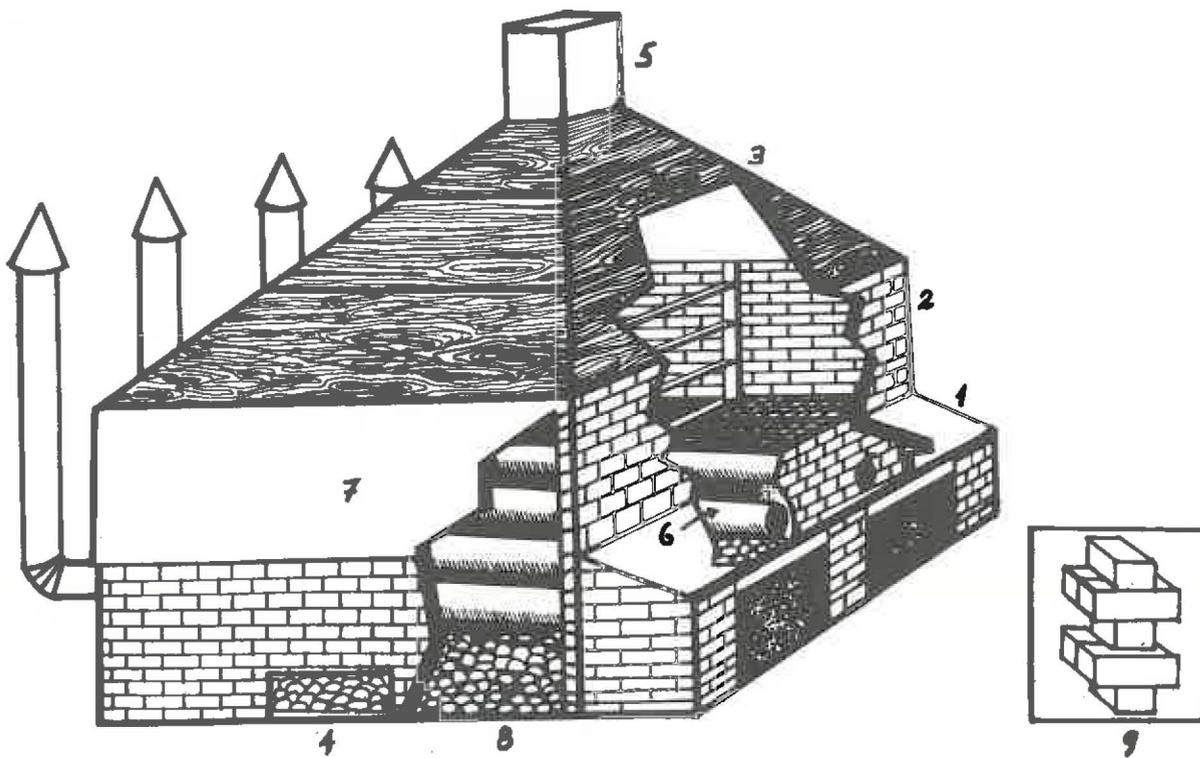
El secado es una técnica, o mejor dicho, un arte antiguo muy utilizado para preservar alimentos durante las épocas de mayor abundancia. Los frutos de algunas plantas al llegar a la senescencia, empiezan a contraerse, pierden peso y aún así se mantienen en la planta sin descomponerse. Es el caso de los chiles picantes e incluso del mismo achiote. Sin embargo, el secado artificial presenta la ventaja de que permite un mejor control de las condiciones del proceso.

En Costa Rica, específicamente en la región de Quepos, se han instalado dos secadoras para semillas de achiote, a saber: una secadora de circulación natural de aire por convección, sita en el poblado de Tocorí y otra convencional de circulación forzada de aire caliente, sita en Coopefruta, R.L. En las Figuras 1 y 2 se muestran ambos tipos de secadoras.

a) Secadora de aire caliente por convección

Esta secadora como se puede observar en la Figura 1, está construida de ladrillos de barro en la parte baja y una tolva de madera en la parte alta, en forma de campana para facilitar la salida de gases calientes y húmedos.

La calefacción es a base de leña. El humo de la combustión sale por varias chimeneas o muflas que atraviesan la cámara de secado. El aire frío penetra por aberturas hechas en la parte inferior y se calienta al pasar por las muflas, atraviesa las capas de producto o semilla en forma ascendente y sale al exterior a través de la campana. La temperatura interna o de entrada es de 75°C y la de salida de 60°C.

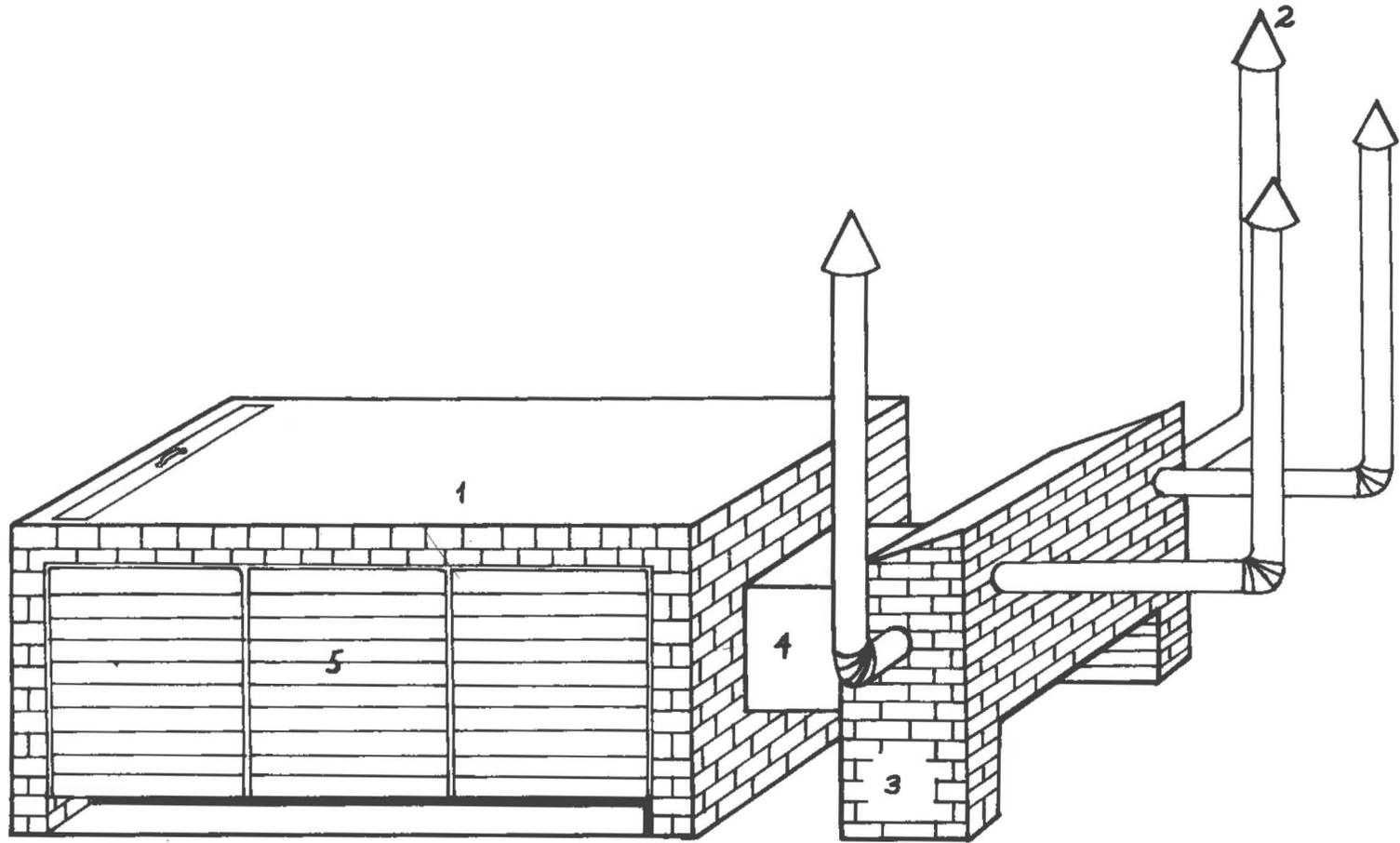


1. Hornilla tapa cemento
2. Cámara secado con estantes guías
3. Cono madera
4. Entrada aire
5. Salida aire
6. Chimenea
7. Puerta
8. Lecho de piedras sobre el piso
9. Posición ladrillos para bandejas

Dimensiones:

- . Cámara: 2,44x2,44x1,60m
- . Cono: 2,44x1,50m
- . Ducto salida: 0,30x0,30m
- . Hornilla: 2,44x0,60m
- . Chimeneas: 5x0,14m
- . Bandejas: 2,44x1,20m

Fig. 1. Secadora de circulación natural de aire caliente por convección.



- | | |
|------------------------------|-------------------------|
| 1. Cámara secado | 4. Ducto con ventilador |
| 2. Secador auxiliar previsto | 5. Carros con bandejas |
| 3. Hornilla de leña | |

Fig. 2. Secadora de circulación forzada de aire caliente.

La hornilla se encuentra a un lado de la cámara ocupando todo el lateral de la misma, de tal forma que la leña pueda acomodarse en forma cruzada.

El tiempo de secado oscila entre 6 y 8 horas para un volumen inicial de 90 kg de semilla fresca y uno final de 26 kg de semilla seca. El rendimiento depende del tamaño de la semilla y de la humedad. La densidad de carga es de $7,5 \text{ kg/m}^2$, sobre bandejas de cedazo. Un desprendimiento parcial de la capa colorante (0,3%) ocurre durante el secado y el empaque.

Esta secadora tiene la ventaja de poder instalarse en cualquier lugar por más alejado que se encuentre. El consumo de leña es de $0,5 \text{ m}^3$ por turno de 8 horas. El costo total de construcción de la secadora en junio de 1982, fue de $\$10.000,00$.

b) Secadora de circulación forzada de aire caliente

Esta es la secadora construida por Coopefruta R.L. para secar semilla y pasta de achiote. Su calefacción es a base de leña. La hornilla está separada de la cámara de secado y está construida con tubos de hierro negro que permiten el paso del aire caliente hacia el interior de la cámara. (Ver Figura 2). El aire es succionado y empujado hacia las bandejas que contienen el producto, por medio de un abanico axial accionado por un motor eléctrico. El flujo de aire a la entrada es de $6.000 \text{ m}^3/\text{hora}$. La temperatura media es de $70^\circ\text{C} \pm 5$, siendo la temperatura de salida de $60^\circ\text{C} \pm 5$. El tiempo de secado es de 16 a 20 horas.

La capacidad de la secadora es de 367,5 kg de semilla fresca, con un rendimiento de 103 kg (28%). El flujo de aire es horizontal a diferencia de la anterior en donde es ascendente. El consumo de leña es de 1 m^3 por turno de 20 horas. El costo de esta secadora fue de $\$52.000,00$ y está construida de ladrillo arcilloso, aunque la hornilla está construida con ladrillo refractario.

OBTENCION DE LA PASTA

Sallman y Scott (7) informan que en América, específicamente en Brasil, secan la pasta y la prensan en rollos de tres onzas de peso (86,1 gramos). Estos rollos son de color café rojizo en el exterior y rojo brillante en el interior.

En la India la pasta se extrae lavando las semillas secas con una solución diluida de hidróxido de amonio; luego la solución es drenada y evaporada en recipientes para hacer la pasta.

Lizano (5) afirma que en nuestro país el achiote se extrae por medio de agua fría, la cual se cuele y decanta. Luego se evapora y cuando la materia colorante tiene consistencia de extracto blando, se le agrega manteca de cerdo o de res, se mezcla bien y se empaca. La obtención de la pasta por evaporación atmosférica es un método similar al secado, aunque el término no se aplique totalmente, pero significa la eliminación del 50 al 60% de humedad. Esta tecnología es muy usada por los agricultores de la zona de Aguirre para la extracción de la pasta.

EXTRACCION DE LA BIXINA

Ingram y Francis (3) informan de dos métodos para la extracción de la bixina. El primero es la producción de la masa de pigmento crudo que es subsecuentemente purificado por precipitación y técnicas de recristalización para obtener bixina pura. El segundo se refiere a la producción del colorante alimenticio, por extracción de este a partir de la semilla seca a altas temperaturas con aceite vegetal, propileno glicol u otro solvente disponible. La extracción alcalina del achiote, principalmente norbixina, es usada exclusivamente en la fabricación de quesos. Todos los pasos para la extracción del colorante alimenticio deben controlarse porque la bixina es inestable al calor, a los ácidos, a los álcalis y a la luz. Por esta razón, muchos fabricantes en Europa y Estados Unidos prefieren importar la semilla seca y llevar a cabo su propio procesamiento que importar el pigmento crudo.

RENDIMIENTOS DE SEMILLA SECA

Lizano (5) asegura que en Argentina el rendimiento promedio en kg por hectárea de semilla seca es de aproximadamente 3.000, tomando en consideración un promedio de 20 semillas por cápsula. Las semillas representan el 50% del peso total de las cápsulas maduras y secas. El peso de la pasta extraíble es de alrededor del 6% del peso de las semillas secas. Además,

afirma que en Perú y en Colombia se han obtenido rendimientos que van desde 1500 hasta 2000 kg por hectárea de semilla seca.

Ingram y Francis (3) informan que los rendimientos de semilla seca por árbol varían desde 4,5 hasta 5 kg como promedio anual. Puede anticiparse una producción de 350 a 700 kg por hectárea dependiendo de ciertos factores que la pudieran afectar.

Otros rendimientos en kg/ha informados por estos mismos autores son: India 600, Colombia 2.000, Kenya de 1.100 a 2.200. En Indonesia se han obtenido rendimientos que van desde 1 hasta 2,9 kg por árbol de 3 a 4 años de edad. En Costa Rica se obtuvieron algunos datos en 1982, cuando se inició la cosecha y el secado de semillas en las dos secadoras ubicadas en Villanueva, Quepos. En la zona de Tocorí, se informó un rendimiento promedio de 1 kg por árbol de semilla seca. En la zona de Villanueva varió desde 1,25 hasta 1,5 kg por árbol. Cabe señalar que la producción del año pasado se vio afectada por una enfermedad que ataca el fruto y las hojas, y que provoca el marchitamiento de los brotes terminales. La humedad final del grano seco fue de 14% según informes del CITA.

CALIDAD DE LA SEMILLA SECA

El contenido de bixina en el achiote es el factor más importante económicamente para la producción de este cultivo (7).

La empresa Kalsec Inc., en 1982, informó de cuatro categorías o calidades de achiote dependiendo de los porcentajes de bixina, a saber: categoría 1 (3,77%); categoría 2 (de 3,65 a 3,73%); categoría 3 (de 3,53 a 3,55%); categoría 4 (de 2,72 a 2,76%).

Estas categorías corresponden a muestras de las colecciones del CATIE localizadas en Turrialba.

Sallman y Scott (7) mencionan que en la República de Malagasy, antigua Madagascar, se conocen plantas cuyo contenido de bixina es de 13%.

El contenido de bixina de semillas secas de tres variedades de *Bixa orellana* de varias localidades de Papua Nueva Guinea y Hawái, se determinó por extracción con piridina y acetona, encontrándose valores en cápsulas

esféricas de 5,3% sobre base seca, diferenciándose de las cápsulas elongadas que tenían entre 3,4 a 4,6% y de las cápsulas ensanchadas ovaladas con solamente 1,6 a 1,9% de bixina (2).

Muestras de frutos maduros de dos variedades de achiote procedentes de la zona de Aguirre fueron analizadas en el CITA. Los resultados de estos análisis se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Porcentajes de humedad, de pigmentos totales y número promedio de semillas por cápsula de dos variedades de achiote de la zona de Aguirre. 1983

Forma del fruto	% humedad	% Pigmentos totales semilla	Número de semillas por cápsula
Esférico	64,5	15,85	20
Elongado	65,5	13,53	36

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se pueden utilizar secadoras con calefacción de leña y circulación natural de aire, en lugares alejados donde no exista energía eléctrica. Se recomienda la instalación de estas en sitios estratégicos que funcionen como centros de acopio y secado.

2. La temperatura de secado para ambas secadoras debe estar entre 65 y 75°C.

3. El rendimiento promedio de semilla seca es de 28 a 30% en relación con la semilla fresca. La humedad final del producto es de 14%.

4. La semilla no se debe secar directamente al sol o extraer la pasta a altas temperaturas, pues la bixina es inestable al calor, a los álcalis, a los ácidos y a la luz.

5. El almacenamiento de la semilla seca no se debe prolongar demasiado tiempo, pues la bixina sufre deterioro o degradación.

6. El empaque de la semilla seca debe hacerse en bolsas impermeables. Se recomienda el uso de bolsas de polietileno. Una bolsa cuyas dimensiones sean 62,6 x 100 cm (25 x 40 pulgadas), tiene capacidad para 30 kg de semilla seca.

7. Las variedades de cápsula esférica resultan tener mayor contenido de pigmentos totales con un 15,85%, seguidas de las variedades de cápsula elongada con un 13,50%.

8. El rendimiento por árbol en la zona de Aguirre es de 1,25 kg de semilla seca. Se recomienda introducir variedades mejoradas debido a que los rendimientos son significativamente más bajos cuando se comparan con los otros países como Argentina, Perú, Colombia y Kenya, en donde se han obtenido entre 4 y 5 kg por árbol.

9. La cosecha del cantón de Aguirre comprende los meses de setiembre a diciembre cuando las condiciones climáticas son adversas para el secado solar. Por esta razón se recomienda introducir las llamadas variedades "veraneras" que se puedan cosechar entre diciembre y marzo.

10. Las técnicas de poda para cosechar el achiote en el cantón de Aguirre, comprenden la eliminación total de la rama lo que repercute en el rendimiento, pues se cortan tanto frutos maduros como inmaduros.

LITERATURA CITADA

1. ARAYA, H. Utilización del achiote (*Bixa orellana*) en la pigmentación de la yema de huevo. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad. Facultad de Agronomía. 1976. 84 p.
2. HART, G. Bixin content of *Bixa orellana* in Papua and New Guinea. Papua and New Guinea Agricultural Journal 17(1):8-11. 1964.
3. INGRAM, J. y FRANCIS, B. The annatto tree (*Bixa orellana* L.): a guide to its occurrence, cultivation, preparation and uses. Tropical Science 11(2):97-102. 1969.
4. INVESTIGACIONES SOBRE VARIETADES DE ACHIOTE. Colonias y Forestas (Perú) 5(9-11):43-45. 1954.
5. LIZANO, C. Estudio sobre el cultivo del achiote. Oficina del Café. San José, Costa Rica. 1969. 33 p.
6. QUIROS, R. y CHACON, J. Recomendaciones técnicas para la industrialización del achiote en el cantón de Aguirre. Quepos, Costa Rica. Ministerio de Planificación Nacional. 1982. sp.
7. SALLMAN, B. y SCOTT, W. Proposal for the on site processing of annatto. USA, University of Miami. 1969. sp.
8. THE CULTIVATION OF ANNATTO. The Farmer (Jamaica) 67(5-6):156-158. 1962.

ASPECTOS AGRONOMICOS SOBRE EL CULTIVO DEL ACHIOTE (*Bixa orellana* L.)
EN LOS CANTONES DE AGUIRRE Y DOTA

Rafael A. Ocampo S.*

INTRODUCCION

El achiote, vocablo derivado del Nahuatl "achiotl", es una planta útil que ha sido usada desde tiempos remotos por nuestros indígenas quienes le daban múltiples usos tales como: cosmético, adorno para las ropas y otros objetos y tinción del cuerpo. Fueron los españoles quienes al considerarlo de propiedades semejantes al azafrán le dieron uso culinario (8,9,10,13,14, 15).

Debido al avance de la ciencia, actualmente los derivados potenciales del achiote lo hacen merecedor de una mayor atención por factores de orden agro-ecológico, socio-económico, mercado y comercialización (1,2,16). En Costa Rica, el achiote se encuentra en varios lugares del territorio como Quepos, Dota, Pérez Zeledón, San Marcos de Tarrazú, Laurel, Guanacaste, Limón y San Carlos, creciendo especialmente en cercas de fincas, jardines y en plantaciones comerciales poco tecnificadas. Sin embargo, no se le ha dado a este cultivo la importancia que merece. Hasta la fecha, algunas instituciones han realizado esfuerzos para tratar de impulsar este cultivo. Sin embargo, como todos ellos se han realizado sin la respectiva coordinación interinstitucional, en su mayoría han fracasado o producido poco impacto en los agricultores interesados. Esto ha traído como consecuencia poco interés por el cultivo y bajos rendimientos.

* Centro de Investigación en Productos Naturales, Universidad de Costa Rica.

ASPECTOS AGRONOMICOS

Descripción de la planta

El achiote (*Bixa orellana* L.) es un arbolito que puede medir de 3 a 5 metros de altura. La ramificación del tallo es dicotómica, iniciándose desde la base del tronco. Tiene hojas simples, alternas, pecioladas y glabras en ambas caras. Las inflorescencias están dispuestas en panículas terminales. La floración es escalonada, ocurriendo primeramente abertura de las flores en la porción superior y madurando posteriormente las de la parte inferior. Las flores son hermafroditas, pentámeras, regulares, actinomorfas, bisexuales, de color rosado o blanco dependiendo de la variedad, agrupadas en panículas, con un número variable de flores. La antesis no ocurre en forma simultánea, sino que maduran solamente una o dos flores al mismo tiempo.

Los frutos pueden tener abundantes espinas o ser casi glabros; su forma varía de esférica o ligeramente aplastada a alargada y por lo general son dehiscentes. La mayoría de los frutos poseen dos valvas y en algunos casos hasta tres. Su color puede ser verde, amarillo pálido, rojizo o púrpura, dependiendo de la variedad. Las semillas son piriformes, entre 10 y 50 sobre placentas parietales, cubiertas por un tegumento de color rojizo; contienen endosperma abundante y oleoso. La raíz es pivotante y el tronco alcanza de 20 a 30 cm de diámetro en la base.

La madera es blanca y suave. El duramen es de color castaño amarillento. No tiene uso ni en ebanistería ni en construcciones, debido a que no es resistente a la humedad (11,12,13). Solamente se emplea como leña.

Clima

En nuestro territorio el achiote desde tiempos precolombinos ha sido cultivado en diversas regiones; por esta razón, su adaptación a diferentes condiciones climáticas ha sido muy amplia (Ver Cuadro 1).

Tomando como base los datos del Cuadro 1 y de acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge, el achiote crece en el bosque húmedo tropical, en el bosque seco, en el bosque muy húmedo tropical y en el bosque

muy húmedo premontano transición a basal.

Cuadro 1. Lugares de Costa Rica donde se cultiva achiote. 1983.

Lugar	Elevación (m.s.n.m.)	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)
Nicoya, Guanacaste	120 m	2.040,0	26,2
Fabio Baudrit, Alajuela	840 m	1.853,0	22,3
CATIE, Turrialba	602 m	2.447,0	21,7
Amubri, Talamanca	70 m	2.974,1	-
Quepos, Puntarenas	5 m	4.761,4	-
Marítima, Quepos	8 m	4.173,5	-
Pérez Zeledón	703 m	2.290,8*	-
Coto 59, Puntarenas	15 m	4.378,5	-

* Incompleto

Fuente: Anuario meteorológico, 1980.

La literatura menciona que el achiote es de climas tropicales húmedos, con temperaturas que oscilan entre 24 a 27°C y una abundante precipitación. En Colombia se cultiva desde el nivel del mar hasta unos 1.200 metros, variando la temperatura entre 24 y 30°C (5,12,18).

De acuerdo con lo observado en los cantones de Aguirre y Dota, el cultivo del achiote se presenta desde el nivel del mar hasta alturas de 1.000 m, concentrándose principalmente entre 100 m y 800 m.s.n.m., con temperaturas medias aproximadas entre 20 y 26°C, variando la época de cosecha de acuerdo con la temperatura. A mayor temperatura su crecimiento es más rápido y vigoroso y la floración más temprana.

Las regiones óptimas para el cultivo son aquellas que se encuentran entre 100 y 800 m.s.n.m., con temperaturas medias entre 20 y 25°C y un máximo de tres meses de época seca.

200

Suelos

En la región de Aguirre y Dota el achiote se encuentra creciendo en los suelos que se anotan a continuación:

<u>Suelo principal</u>	<u>Suelo asociado</u>
a) Typic Tropohumult	Typic Humitropept
b) Typic Dystropept	Lithic Dystropept
	Typic Troporthent

Los suelos a) se localizan en regiones bajas, abarcando la mayoría de los lugares de cultivo como Buenos Aires, Londres, Villa Nueva, Naranjito y Cerros, los cuales se encuentran a altitudes entre 100 y 300 msnm. Se caracterizan por ser rojizos, profundos, arcillosos, con poca acumulación de óxidos de hierro y de aluminio en el subsuelo y se asocian en el pie de monte con suelos menos desarrollados y más oscuros que tienen pendientes de hasta un 30%.

Los suelos b) se encuentran en regiones de mayor altitud, entre 400 y 1.000 msnm, en lugares como Cerro Nara, Cerritos, Cotos y otros, con limitaciones en cuanto a la pendiente que puede llegar a ser de hasta un 45% y precipitaciones que alcanzan los 5.000 mm, lo cual obliga a medidas culturales para proteger el suelo. Estos son suelos rojos, profundos, asociados con otros poco profundos y poco desarrollados, ubicados en relieves de colinas.

De acuerdo con la distribución del cultivo de achiote en Costa Rica, se puede considerar que tiene un amplio margen de adaptación a diferentes suelos.

La planta prospera en regiones de alta precipitación pero con buen drenaje. Por informaciones de los agricultores y observaciones en el campo se puede considerar que el achiote crece mejor en suelos aluvionales planos con buen drenaje localizados a las orillas de los ríos. Su crecimiento es menor en suelos franco arenosos con poca materia orgánica y arcillosos de pendiente fuerte.

Propagación

El achiote se puede propagar por semillas, estacas e injertos.

En la zona de Aguirre y Dota la propagación se efectúa por semillas, lo cual es fuente de variabilidad en la descendencia. En el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, se están llevando a cabo trabajos de propagación asexual utilizando estacas.

Propagación por semillas

Para la obtención de las semillas se deben seleccionar los árboles más vigorosos y bien formados, de buen rendimiento, escogiendo las mejores cápsulas o "casuchas" en estado sazón. Las semillas tienen un alto poder germinativo. El sistema de propagación por semillas se puede efectuar de dos formas:

a) Siembra directa. Pueden colocarse entre tres y cuatro semillas por hoyo y posteriormente eliminar las plantitas más débiles, dejando solamente una. Cuando las plantas están pequeñas se les debe proporcionar un poco de sombra para luego, cuando alcancen unos 30 cm de altura, dejarlas a pleno sol. Para esto se podría aprovechar la siembra con un cultivo asociado, por ejemplo la yuca.

b) Siembra en almácigo. El semillero debe hacerse en un lugar sombreado o confeccionar una enramada, ligeramente elevada, de 1 a 1,5 metros de ancho. Es conveniente llevar a cabo una desinfección previa del suelo con productos como bromuro de metilo y vapán.

Las semillas se deben distribuir en líneas a una profundidad de 2 cm y a una distancia de 10 cm entre sí. Cuando las semillas han germinado y se encuentran en estado de plántula, se ralean; cuando tengan entre 15 y 20 cm de altura se trasplantan al campo definitivo.

c) Siembra en bolsas. Al emplear bolsas plásticas es recomendable que sean de color oscuro de 20 cm de diámetro y 32 cm de alto. Deben llenarse con tierra preparada de la siguiente forma: 5 carretillos de tierra, 2 carretillos de abono orgánico (estiércol de gallina o vacuno), 1 carretillo

Variedades

Se han reportado para la región de Quepos dos variedades de achiote, una de flor y cápsula morada, que es la que más se aprovecha debido a la buena calidad del colorante, y otra de flor blanca que no se cultiva por su bajo rendimiento.

Lizano (12), menciona que en la zona de San Rafael de Ojo de Agua, Alajuela, se distinguen las siguientes variedades:

1. Flor rosada, cápsula redonda, cuando tierna color rojizo claro y cuando sazona bermellón dorado. Se dice que es la que da mejor calidad en colorantes.
2. Flores rosado pálido, casi blanca, cápsula redonda de color verde pálido tanto tierna como madura. Colorante de menor rendimiento.
3. Flor rosada más intensa, cápsula alargada, color rojizo oscuro cuando tierna y rojizo oscuro intenso cuando sazona. Se le denomina "pico de pájaro".

Hart (7) menciona que la variación en forma de las cápsulas de las diferentes variedades de Bixa son considerables. Un estudio realizado en Bogon sobre las formas de las cápsulas, demostró que en la forma del fruto, su color, longitud de las espinas que cubre el fruto y el color de la corola, están representadas 18 combinaciones.

Actualmente en la región de Aguirre y Dota se pueden observar diversas combinaciones, entre ellas:

- a) Flores rosadas, cápsula redonda de color rojizo al madurar, hirsuta.
- b) Flores rosadas, cápsula alargada de color fuertemente rojizo, con abundante presencia de espinas.
- c) Flores rosadas, cápsula redonda de color verdoso, glabra, muy pesada.
- d) Flores rosadas, cápsula ampliamente ovada, color rojizo, con presencia de espinas.
- e) Flores rosadas, cápsula alargada de color rojizo, glabra, pequeña.

Rivera de León (18) dice que la propagación por injerto se debe iniciar cuando las plantitas en el almácigo hayan alcanzado un grosor de 1 a 1,5cm en el tallo. El injerto que se debe usar es el de parche, que consiste en hacer una herida en la corteza en forma de U, ya sea normal o invertida, en la plantita que sirve de patrón.

El mismo grueso que el tallo deberá tener la vareta portayema que va a usarse como injerto. A los 18 o 20 días se procede a desvendar el injerto y de 8 a 10 días más tarde se observa si éste ha pegado. Si es así, se procede a la práctica del agobio, con el propósito de provocar o estimular la brotación de la yema. Cuando el brote del injerto se encuentre verde se despatrona, para dejarlo en libertad de crecer. Después de tres meses de estar en el almácigo los injertos pueden estar listos para la siembra definitiva.

Preparación del terreno

La preparación del terreno depende de diversos factores tales como la topografía del terreno, la tecnología a aplicar, los recursos económicos y otros.

En terrenos de montaña con cierta pendiente la preparación consiste en voltear para luego efectuar la hoyada, siendo recomendable realizar la siembra siguiendo el contorno del terreno. Se recomienda además, efectuar la siembra de plantas que sirvan para el control de la erosión, tales como zacate de limón (*Cymbopogon citratus*), zacate de violeta (*Vetiver zizanoides*) y citronella (*Cymbopogon nardus*) principalmente, ya que también pueden ser utilizadas para la obtención de aceites esenciales.

En terrenos planos la preparación puede realizarse en forma mecanizada, efectuando una arada y rastreada del terreno, para luego hacer la hoyada (8).

Siembra y cosecha

La siembra del achiote debe efectuarse al inicio de las lluvias, entre los meses de abril y mayo.

En Costa Rica no existe investigación en relación con las distancias de siembra a recomendar. En la región de Aguirre y Dota se ha observado que

de grana de arroz, 2 kg de cal y 1 kg de abono (fórmula 10-30-10)^{1/}. Esta mezcla debe tratarse con un tarro de bromuro de metilo. Si no se emplea esta fórmula debe usarse tierra orgánica. Se deben colocar de 3 a 4 semillas por bolsa a una profundidad de 2 cm. Cuando las plantitas tengan unos 10cm de altura se debe ralear, dejando solamente la más vigorosa. Cuando tengan aproximadamente 30cm se deben trasplantar al terreno definitivo, colocándolas en hoyos de 50x50x40cm.

Propagación por estacas

Cuando se desea incrementar vegetativamente un clon determinado, se hace necesario el empleo de estacas. Se recomienda el enraizamiento en eras o en cajas que contengan arena o mezclada con tierra, debiendo colocarse a la sombra. Las estacas de madera dura son las que enraizan mejor. En el CATIE actualmente se está investigando más detalladamente este sistema de propagación.

Propagación por injerto

En el achiote se puede llevar a cabo la propagación asexual por medio del injerto, con las ventajas de lograr un mayor rendimiento y uniformidad en la madurez de las cápsulas, lo que permite efectuar la cosecha de una sola vez. En la Estación Experimental de Izalco en El Salvador, se ha ensayado la propagación asexual por medio del injerto de parche, de escudete, de enchapado y otros. El injerto de escudete, utilizado en cítricos, es el más recomendado. Por ser una planta fácil de injertar se han obtenido rendimientos hasta de 95%.

Los arbolitos se pueden injertar con yemas provenientes de árboles reconocidos por su rendimiento y contenido de bixina en sus semillas, cuando tienen el grueso de un lápiz. La yema se debe colocar a unos 20 centímetros del suelo (3,4,5,12,17).

^{1/} Comunicación personal del Ing. Ramón Luis Hernández, Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit, Alajuela, Costa Rica.

algunas plantaciones poseen distancias de siembra de 3x4m; 4x4m; 5x5m y aún distancias mayores.

Rivera de León (18) recomienda las siguientes distancias que pueden usarse en siembras definitivas:

- a) 3 x 4m (833 plantas por hectárea)
- b) 4 x 4m (625 plantas por hectárea)
- c) 4 x 5m (500 plantas por hectárea)
- d) 5 x 5m (400 plantas por hectárea)

La primera cosecha comienza entre los 18 y 24 meses, dependiendo del método de propagación y la altitud a la que se encuentre el cultivo, siendo este más rápido y vigoroso en las zonas costeras.

Abundantes cosechas de semilla pueden ser obtenidas a los 3 o 4 años después de la siembra. La cosecha depende no solo de la variedad, sino también de factores como la temperatura y la precipitación. El momento oportuno de cosecha es cuando las cápsulas se sienten duras al tacto no cediendo fácilmente al presionarlas con los dedos. La cosecha en la región de Aguirre, Dota y Pérez Zeledón se presenta entre los meses de setiembre y diciembre (6).

En nuestro país la cosecha se realiza en el momento en que las cápsulas están sazonas. Es en este momento cuando las ramas son cortadas con un cuchillo, dejando el árbol completamente desnudo. Una vez en el suelo, las cápsulas se introducen en sacos que posteriormente se trasladan hasta el sitio en donde serán procesadas.

Corner mencionado por Catalán (4), dice que es ventajoso cortar las cápsulas con todo y ramas ya que de esta forma se evita que las plantas crezcan muy alto, se facilita la recolección y la producción es mejor.

Rendimiento

El rendimiento para la zona de Aguirre y Dota es variable y va desde 863 kg de semilla fresca por hectárea hasta 961 kg (6). En la encuesta realizada como parte del "Proyecto de Aprovechamiento Industrial del Achioté", se estimó una producción de 861 kg por hectárea de semilla fresca, siendo

este rendimiento bastante bajo cuando se compara con los que menciona la literatura para otros países.

Cuadro 2. Rendimientos de achiote en kilogramos de semilla seca por hectárea, en varios países.

País	Rendimiento en kg/ha	
	Primera cosecha	Segunda cosecha
Guatemala	363	909
Perú	-	996-1500 a 2000
India	-	600
Colombia	-	2000
Indonesia	-	1458
Kenya	-	1100 a 2200

En el Cuadro 2 se puede observar que la variación en cuanto a rendimiento es alta, fenómeno que se debe a distintos aspectos como número de árboles por hectárea, tecnología aplicada al cultivo y otros factores que afectan la producción en general.

Prácticas culturales

a) Deshierba. Para que las plantas de achiote crezcan satisfactoriamente conviene tenerlas libres de malas hierbas para evitar la competencia por nutrientes, agua, luz y otros factores. Para esto se hace necesario efectuar entre dos y tres deshierbas (10).

De acuerdo con la encuesta realizada los agricultores no efectúan aplicaciones de herbicidas en sus plantaciones; tampoco la literatura revisada menciona el combate químico sino únicamente el combate mecánico.

b) Poda. Como se mencionó anteriormente, la poda en Costa Rica es drástica y se efectúa al momento de cosechar las cápsulas.

Rivera de León (18) dice que la poda puede ser liviana, intermedia y drástica.

La poda liviana consiste en suprimir ramas secas, enfermas, deformes, que ya dieron su cosecha. La intermedia sirve para eliminar ramas bajas y centrales, dejándole a la planta la forma de una copa abierta. La drástica es aquella en que solo se deja el tronco principal, con tres o cuatro ejes y sirve para renovar plantas viejas y cansadas.

c) Fertilización. En la encuesta llevada a cabo en los cantones de Aguirre y Dota se detectó que los agricultores dedicados al cultivo del achiote no utilizan fertilizantes, ni otro agroquímico que pudiese mejorar la producción.

En la literatura se dice que el abonamiento debe efectuarse de acuerdo con la edad de la plantación y que deberá efectuarse un análisis del suelo antes de la siembra.

En Costa Rica no se ha realizado investigación en relación con los requerimientos nutricionales del cultivo.

Cevallos (5) en Perú y Rivera (17) en El Salvador, elaboraron un plan de fertilización para sus respectivos países, que consiste en la aplicación de la fórmula 20-20-0 al inicio de las lluvias en cantidades que varían desde 112 g por planta en el primer año, hasta 900 g en el cuarto año, aplicándose en forma gradual en el segundo y tercer año. A partir del cuarto año se continúa con 920 g por árbol. Además, entre setiembre y octubre se deberán aplicar 225 g de sulfato de amonio en el primer año, aumentando gradualmente esta cantidad hasta aplicar 900 g/árbol en el cuarto año.

Observaciones realizadas por el autor le han permitido verificar que el achiote crece mejor y rinde más en suelos aluviales con buen drenaje. En terrenos de ladera los rendimientos que se obtienen son considerablemente menores. Un buen programa de fertilización contribuirá, sin duda alguna, a mejorar los rendimientos obtenidos en la región de Aguirre y Dota.

Plagas y Enfermedades

Poca es la atención que se le ha dado al cultivo en lo referente a daños ocasionados por plagas y enfermedades. Para la identificación de las que se consignan en este informe, se llevaron a cabo visitas a diversas plantaciones, especialmente a finales de 1982. Además, se consultó a técnicos radicados en la zona con experiencia en el cultivo. Se tomaron muestras que fueron analizadas en el laboratorio de la Universidad de Costa Rica. Se identificaron las siguientes plagas:

a) Hormigas (*Atta* spp.). El daño producido por las hormigas zompopas consiste en la destrucción del follaje tierno de la planta. Se combate destruyendo sus colonias con insecticidas como Mirex. Además, existen otras hormigas pequeñas de color negro.

b) Gusano de la cápsula (*Lepidoptero*). La mariposa coloca los huevos encima de la cápsula, la cual es perforada tiempo después por las larvas que dañan las semillas. Su combate se puede hacer con diversos insecticidas, en caso de ataques severos, entre ellos Dieldrin al 1,5%

Cevallos (5) en Perú, cita al "piojillo o thrips" (*Selenothrips rubrocinctus*) que se observa en el envés de la hoja alimentándose de la savia, y a la arañita roja (*Tetranychus* spp) que se alimenta igual que el "thrips" y ataca en época seca.

Rivera de León (18) en Guatemala, menciona la cochinilla (*Pseudococcus* sp), que causa daño a las ramas y hojas. En la región objeto del estudio, se identificaron las siguientes enfermedades:

a) Mancha de la hoja (*Cercospora* sp.). Se observa principalmente en árboles que se encuentran a la sombra. Se caracteriza por manchas de color café rodeadas de un halo amarillo. Provoca defoliación del árbol.

b) Oidio polvoriento o cenicilla (*Oidium* sp.). Su ataque se produce principalmente en la variedad de flor rosada y cápsula redonda de color verde, glabra, muy pesada. Se observa en menor grado en otras variedades. Su ataque se produce a hojas, flores y cápsulas. Se caracteriza por producir una especie de polvo ceniciento que cubre las partes afectadas. En las hojas produce una deformación en forma de cuchara. En ataques tempranos y

severos elimina por completo la producción de achiote, aunque debe mencionarse que no produce la muerte de la planta. Se ha observado que la expansión de la cenicilla actualmente es a nivel nacional. Su combate se puede realizar con cualquier fungicida a base de Azufre, realizando tres aplicaciones con intervalos de diez días.

c) Muerte descendente (*Rosellinia* sp). El ataque se presenta en ciertas zonas de la región de Aguirre y Dota, principalmente en zonas altas y húmedas. El patógeno produce la muerte de la planta a partir de los brotes nuevos, originando una mancha de color negruzco, de aspecto seco, que abarca las ramas de arriba hacia abajo, produciendo la defoliación inicialmente.

Catalán (4) informa de las siguientes enfermedades que atacan al cultivo en diferentes países y lugares:

a) *Cercospora bixae* (Mancha de la hoja) República Dominicana, Venezuela, Brasil, Puerto Rico.

b) *Oidium* sp (Tizón polvoriento) Brasil.

c) *Ovularia bixae* (Mancha de la hoja) Sri Lanka; Isla de Java.

d) *Phyllosticta bixina* (Mancha de la hoja).

e) *Rosellinia* sp.

f) *Sclerotium botaticola*. Uganda.

g) *Uredo bixae* (Roya). República Dominicana, Puerto Rico.

LITERATURA CITADA

1. AMPLIEE, H. M. Investigación cualitativa de vitamina A y provitamina A en el achiote (*Bixa orellana* L.). Revista de Biología Tropical 4(2):227-223. 1956.
2. ARAYA, H. et al. Composición y empleo del achiote (*Bixa orellana* L.) en raciones para gallinas ponedoras, para la pigmentación de la yema del huevo. Agronomía Costarricense 1(2):143-150. 1977.
3. BANCO NACIONAL DE COSTA RICA. Algunas características del achiote. Boletín informativo No. 45. 1977. pp. 121-125.
4. CATALAN, S. Achiote, resumen de la información disponible; información para técnicos. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1974. 16 p.
5. CEVALLOS AMPUERO, M. Achiote. Lima, Ministerio de Agricultura y Alimentación. 1978. 16 p.
6. DERAS, J. y MATA, R. Visita a las zonas productoras de achiote de San Isidro de El General y Quepos. DAISA, San José, Costa Rica, 1981. sp. (Mimeografiado).
7. HART, G. Bixin content of *Bixa orellana* in Papua and New Guinea. Papua and New Guinea Agricultural Journal 17(1):8-11. 1964.
8. INGRAM, J. y FRANCIS, B. The annatto tree (*Bixa orellana* L.): a guide to its occurrence, cultivation, preparation and uses. Tropical Science 11(2):97-102. 1969.
9. JIMENEZ, O. El achiote, *Bixa orellana* Linn. Fam. Bixaceae. Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica 18(155-156):561-567. 1947.
10. JOHNSTON, T. D. El achiote como una alternativa promisoriosa para incluir en sistemas del pequeño agricultor. Turrialba, CATIE. 1976. 63 p.
11. LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la QEA, San José, Costa Rica. 487 p. 1968.
12. LIZANO, C. Estudio sobre el cultivo del achiote. Oficina del Café, San José, Costa Rica. 1969. 33 p.
13. MORALES, N. Datos etnobotánicos sobre el achiote. Educación (Costa Rica) 9(30):36-38. 1962.
14. PATIÑO, V. M. Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial. Cali, Colombia, Imp. Departamental. 1964. Tomo II.

15. PITTIER, H. Plantas usuales de Costa Rica. 2a. ed. rev. San José, Editorial Costa Rica. 1978. 292 p.
16. QUIROS, M. R. y CHACON, E. J. Proyecto de industrialización del achiote, semilla seca y polvo. Quepos, Costa Rica, Ministerio de Planificación Nacional. 1982. sp.
17. RIVERA ERAZO, R. El achiote, una promesa para El Salvador (*Bixa orellana*). El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Circular no.80. 1967. pp. 1-18.
18. RIVERA, S. El cultivo del achiote. Guatemala. Ministerio de Agricultura. 1980. 16 p.

ESTUDIO PRELIMINAR DEL DESARROLLO DE RAMAS Y LA
BIOLOGIA FLORAL EN *Bixa orellana*

Gerardo Rodríguez R.*
Gustavo A. Enríquez**

INTRODUCCION

El achiote (*Bixa orellana*), conocido también con los nombres de onoto, acote, achote, bija y onato, es un árbol originario de la América Tropical. La importancia de esta especie radica en el contenido de un colorante, la bixina, cuya utilización es muy variada.

La bixina se utiliza en tintorería, cosméticos, cocina e industria alimenticia (3); también como repelente por los indígenas del Brasil, en la alimentación de pollos (0,15 a 0,20%) como fuente de caroteno para mejorar la coloración de los huevos (5). Los principales países consumidores son: Estados Unidos de América, Dinamarca, Alemania Occidental y Japón (3).

El achiote es cultivado en muchos países de América Tropical, entre las latitudes 25°norte y 25°sur (4); su desarrollo es bueno en alturas entre 300 y 1000 m.s.n.m. (3,5). Las temperaturas óptimas oscilan entre 24 a 30°C con precipitaciones mayores de 1000 mm anuales (3).

Según Rivera (5), en El Salvador, el achiote tiene un margen amplio de adaptación a diferentes suelos, creciendo bien en suelos que varían de franco-arenosos hasta arcillosos, con buen drenaje.

El achiote es una planta de 3 a 4 m de altura, raíz pivotante y hojas cordiformes; flores pentámeras hermafroditas de color rosado o blanco, dispuestas en panículas terminales (1), fruto en cápsula con 30 a 60 semillas que están recubiertas por una película cerosa de color rojo o anaranjado

* Estudiante graduado, Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales (CATIE/UCR), Turrialba.

** Genetista, Departamento de Producción Vegetal, CATIE, Turrialba

constituida por la bixina, llamada achiote (3). El fruto es ovoide, espinoso (1), aunque también hay líneas genéticas sin espinas.

En El Salvador (5), se utilizan los criterios de: color de flores y cápsulas, forma de las cápsulas, cantidad de pelos en las cápsulas, promedio de semillas por cápsula y color del pigmento, para agrupar los diferentes tipos de árboles de achiote. En general, se han encontrado árboles de flores rosadas y cápsulas de diferentes tonos rojizos y árboles de flores blancas y cápsulas verdes; la forma de las cápsulas es muy variada; normalmente es de dos segmentos, aunque existen tipos de 3 segmentos.

El achiote se puede propagar por semillas, por estacas enraizadas e injertos en "T" (3), o cualquier otro tipo de injerto (5). Las densidades de plantación recomendadas en el Perú (3), son de 6x6m con un total de 277 plantas por hectárea.

Existen algunas plagas y enfermedades que ocasionan daño al cultivo, que han sido reportadas en el Perú (3) y El Salvador (5):

- Thrips de banda roja (*Selenothrips rubrocinctus* Giord), que se alimentan de la savia.

- Gusano de la cápsula (*Lepidoptera*, familia *Phaleinidae*), aún no identificado en El Salvador (5), se alimenta de las semillas y propicia el ataque de hongos.

- Arañas rojas (*Tetranychus* sp), que succionan la savia de las hojas produciendo defoliación.

- Mancha cercóspora (*Cercospora* sp), que produce manchas de color café, rodeadas de un halo amarillo, provocando la defoliación del árbol. En El Salvador se le observa en la época lluviosa (5).

- Oidio pulverulento (*Oidium* sp), que ataca principalmente flores, cápsulas y brotes. Se caracteriza por producir una especie de polvo ceniciento que cubre las partes afectadas (5).

Existen aún pocos conocimientos sobre el desempeño del árbol de achiote, sobre aspectos fisiológicos o de crecimiento, floración y fructificación. El conocimiento de estos procesos, que inciden directamente en la producción, pueden facilitar un mejor manejo de esta especie y su incorporación a muchos sistemas de producción en América Tropical.

El objetivo de este trabajo fue adelantar algunos conocimientos sobre la fenología del crecimiento de ramas y la biología floral de *B. orellana*.

METODOLOGIA

El estudio se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en donde se presenta un promedio anual de 22,3°C de temperatura, 2645 mm de lluvia anual y una humedad relativa del 87% promedio anual.

1. Estudio del crecimiento de ramas de *Bixa orellana*

Del 29 de marzo de 1981 al 31 de marzo de 1982, se tomaron datos del crecimiento de ramas de 6 variedades de *B. orellana*, de la colección del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Al inicio del estudio se marcaron 5 yemas terminales en estado de reposo por planta y en 4 plantas por variedad.

Las plantas están ubicadas en una parcela de la Estación Experimental de La Montaña, que es un ensayo de comparación de trece variedades, dispuestas en bloques al azar, con 4 repeticiones y con 4 plantas por parcela. Estas plantas recibieron una poda rigurosa 30 días antes de iniciar el estudio.

Las variedades involucradas en el estudio son: CATIE-1, IICA-5013, IICA-5014, Santo Domingo, Oriente-1 y Oriente-2.

Las lecturas se realizaron cada 15 días, tomando 2 plantas por semana. Se registró el estado de cada yema en la siguiente forma: (i) en reposo; (ii) yema hinchada iniciando desarrollo, (iii) yemas con desarrollo medido en cm y (iv) yemas naturales, que fueron reemplazadas por otras en reposo.

2. Estudio de la biología floral

a. Apertura de las flores

Mediante observaciones sucesivas se determinó en forma aproximada el proceso de apertura de las flores. Posteriormente, se marcaron botones florales en distintas plantas que fueron objeto de observación continua;

este trabajo se realizó en 2 fechas distintas con una diferencia de 8 días.

b. Viabilidad del polen

Para estudiar "in vitro" la viabilidad del polen, se colectaron estambres de botones florales maduros, poco antes de abrir y flores recién abiertas, tanto de color blanco como violeta, a diferentes horas del día.

Se tomaron 20 estambres por cada color de flor y se trituró en un frasco con 5 cc de agua destilada y esterilizada, con la ayuda de una varilla de vidrio. Una gota de cada suspensión de granos de polen se dejó escurrir sobre una superficie de agar-papa-destroza (APD) contenida en platos petri. Al cabo de una hora y 30 minutos y dos horas y 30 minutos, se realizaron 2 lecturas en 3 campos de microscopio por plato, sobre la proporción de granos de polen germinados en relación con el total de granos observados, promediándose al final por hora de lectura y color de flor.

c. Receptibilidad del pistilo

Botones florales en proceso de apertura fueron despojados de sus estambres, aún sin abrir, pétalos y sépalos con una pinza; luego fueron cubiertos con una bolsa de papel para impedir cualquier llegada de polen no controlado al estigma. Este trabajo se realizó en horas de la tarde.

Al día siguiente se polinizó manualmente por medio de un frotamiento de las anteras de flores frescas, provenientes de la misma planta, contra el estigma de las flores emasculadas en el día anterior, se aislaron nuevamente estas flores para verificar los resultados al siguiente día.

Este trabajo se repitió en horas sucesivas, desde las 4:00 a.m. hasta las 12:00 del medio día, y en días sucesivos hasta el sexto, a las 7:00 y 11:00 a.m. Las polinizaciones en este segundo período fueron flores blancas x flores blancas; blancas x violetas, violetas x blancas y violetas x violetas.

En este mismo período se tomaron datos sobre el tamaño de las partes de la flor y el número de estambres por flor, el éxito de las autopolinizaciones y la polinización cruzada.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Estudio del crecimiento de ramas

El crecimiento de ramas plagiotrópicas que finalmente llegan a producir una panícula de cápsulas (ver Fig. 1), parece obedecer en forma cíclica al fenómeno productivo, tal como se observa en la Figura 2 (yemas 2 y 3). Inmediatamente después de la cosecha, yemas laterales de las ramillas productivas cosechadas, inician su actividad mediante un proceso de producción de nuevas células que dan a la yema un aspecto hinchado.

El proceso de crecimiento continúa con la emisión de un brote de 1,0 a 1,5 cm de tamaño con 1 a 2 hojitas pequeñas. Posteriormente, la pequeña ramilla aumenta progresivamente de tamaño. Este proceso de crecimiento escalonado parece obedecer a cambios ambientales, tal como se observa en el comportamiento de la yema 1, en la Figura 2.

El crecimiento de las ramas brotadas sigue hasta junio o julio (yema 1, Fig. 2), cuando se inicia la primera cosecha de los árboles, época en que florece y fructifica. La yema número 3, casi latente de la Figura 2, inicia el desarrollo luego de la cosecha más importante en octubre y la yema 2, luego de una recolecta pequeña en diciembre. Para finalizar la cosecha se hizo otra pequeña recolección en enero, que parece marcar el desarrollo más rápido de la yema 2.

Es interesante observar que el achote en Turrialba produce brotes ortotrópicos (chupones) en el tronco principal y las ramas primarias antes o durante el período de floración y que al final de esta también florecen produciendo entre 6 a 12 cápsulas.

En las condiciones de Turrialba, el crecimiento de ramillas es afectado por la presencia de una enfermedad muy parecida a "Die Back" o "muerte descendente" en cacao (2) y el ataque de *Oidium bixae*^{1/}, que ocasiona el marchitamiento y posterior muerte de ramillas y hojas tiernas. La primera enfermedad produce un necrosamiento de los tejidos terminales de las ramillas,

^{1/} Información personal de Irma G. Laguna., Departamento de Producción Vegetal, CATIE. 1983.



63

Figura 1. Rama de *B. orellana* mostrando la disposición de las hojas y la panícula con botones florales, flores abiertas y frutos en desarrollo, 1982.

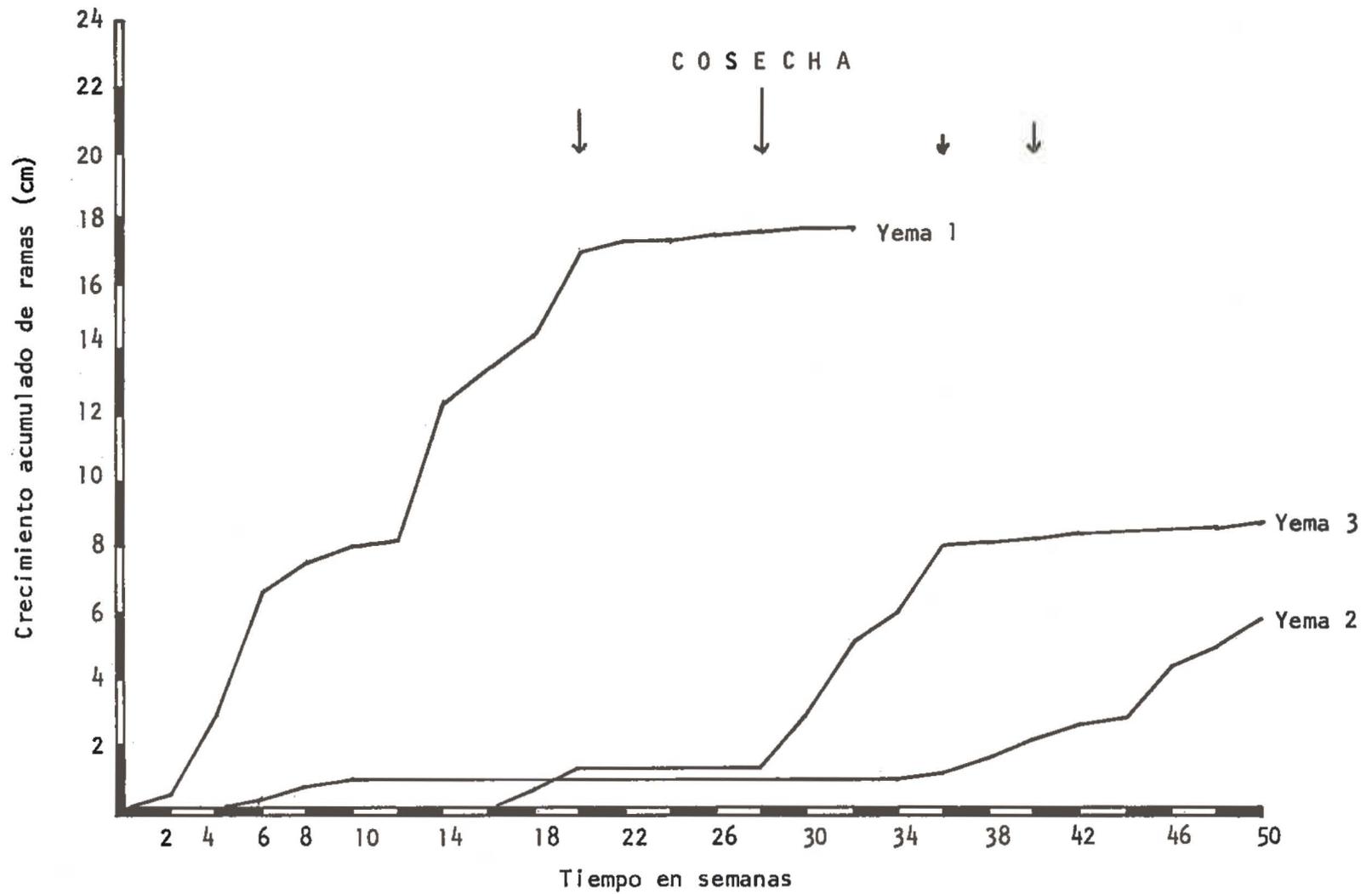


Figura 2 Tendencias del crecimiento acumulado de ramas de *B. orellana*, de abril de 1981 a marzo de 1982, en Turrialba, Costa Rica.

luego avanza en forma descendente con la aparición de manchas necrosadas que finalmente se unen por crecimiento, matando las ramillas.

2. Estudio de la biología floral

a. Apertura de las flores

Una vez que se inicia la diferenciación de tejidos en el ápice de las ramillas para dar paso a la inflorescencia, comienza la formación de botones florales que es un proceso continuo, mientras los primeros botones formados pueden florear y fructificar, otros botones pueden estar en proceso de formación en la misma panícula. El número de botones florales por panícula puede variar entre 10 a 20, según la variedad y el estado general de la planta.

El período de la diferenciación de los tejidos, o sea, el inicio de formación de los botones florales a la apertura de la primera flor, puede variar en un rango muy amplio de días (15 a 30 días). El tiempo desde la floración hasta la cosecha puede variar entre 60 y 80 días.

Una vez que los botones florales alcanzan su máximo desarrollo, se inicia el proceso de apertura de las flores (Fig. 3,B), generalmente entre las 4 a 5 horas de la mañana. Los pétalos inician un movimiento lento de apertura empujando hacia afuera a los sépalos que al final caen, dando un aspecto hinchado al botón floral. Este proceso es lento y es cuando se acelera la maduración de los granos de polen dentro de las anteras.

A las 3:30 horas de la mañana del día siguiente, aparentemente el polen y el saco embrionario se encuentran maduros; el proceso de apertura se acelera, los pétalos toman posiciones cada vez más verticales y luego horizontales con respecto al plano del ovario súpero. Los sépalos se desprenden y caen de la flor.

Al mismo tiempo los estambres y el pistilo toman posiciones cada vez más erectas. De modo que cuando las flores están completamente abiertas, los pétalos toman una línea con el plano horizontal de la flor y el pistilo con el plano vertical de la misma; normalmente el estilo y el estigma toman una posición erecta y ligeramente curvada. Los estambres rodean al estilo y estigma tipo "thrum" (ver Fig. 3,A).

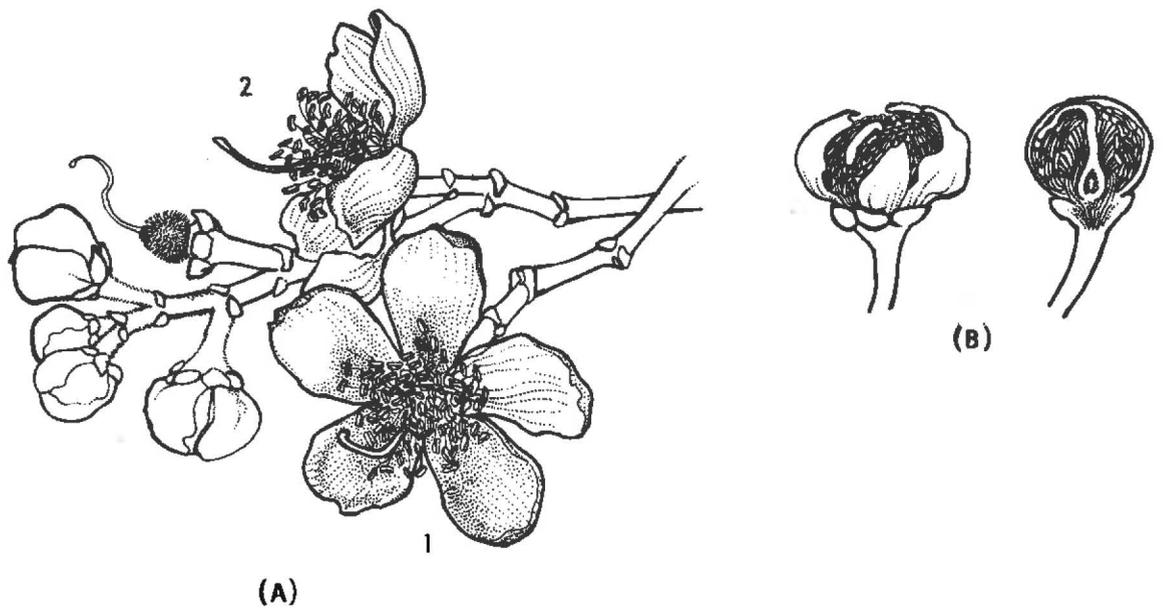


Figura 3. A) Inflorescencia en panícula y posición del pistilo y los estambres: 1, en una flor en el proceso final de apertura y 2, en una flor completamente abierta.
B) Posición del pistilo y los estambres en botones florales un día antes de la apertura floral. 1982.

El proceso de apertura de las flores, en las condiciones de Turrialba, concluye entre las 4:30 y 5:00 a.m. en plantas de flores color violeta y entre las 4:50 y 5:05 a.m. en plantas de flores color blanco. El proceso completo de apertura de las flores tarda entre 24 a 27 horas.

En el período final de apertura de las flores los labios del estigma se abren, algunos sacos polínicos se abren (con 8 lóculos o esporangios) y en el proceso de erección del estilo, el estigma se impregna de algunos granos de polen. Sin embargo, la polinización principal se realiza con la intervención de insectos del orden Hymenoptera, super familia Apoidea^{1/}. La actividad de estos insectos comienza a las 4:45 a.m. y es intensa a las 5:00 a.m. →

La importancia de la polinización entomófila se verificó cuando flores aisladas de la intervención de los insectos, antes de su apertura, dieron como resultado 30% de frutos partenocárpicos (sin semillas), 20% dieron frutos con 1 a 7 semillas normales y algunas semillas deformes y el 50% de las flores aisladas no formaron fruto.

Polinizaciones manuales (autofecundaciones) dieron como resultado la formación de pocas semillas, especialmente en flores de color blanco (4 a 8 semillas por fruto), siendo un poco mayor en flores de color violeta (11 a 33 semillas), contrastando con frutos de flores polinizadas en forma natural, que dieron como promedio 47 semillas.

b. Viabilidad del polen

En el Cuadro 1, se puede observar los porcentajes de germinación de granos de polen a diferentes horas de muestreo, tanto en flores violeta como en flores blancas.

c. Receptibilidad del pistilo

Con el fin de probar la mejor hora de polinizar las flores de achiote, se realizaron las autopolinizaciones desde las 4:00 a.m., observándose

^{1/} Información personal de Joseph Saunders. Departamento Producción Vegetal, CATIE. 1983.

que las realizadas en las primeras horas de la mañana, todas fueron fecundadas y se desarrollaron muy bien hasta las 5:00 a.m. (ver Cuadro 2).

A partir de las 8:00 y 9:00 a.m. el resultado de la polinización comienza a decrecer, fecundándose y desarrollándose solamente entre el 75 y 85% respectivamente, luego el porcentaje decrece rápidamente hasta que a las 12 del día es apenas cerca del 17%.

Debido al problema de daños ocasionados a las flores tanto en el pistilo como en los estambres, muchas flores se perdieron, reduciéndose a solamente las presentadas en el Cuadro 2. Además, la fecundación se midió al tercer día pero no se comprobó el número de semillas para cada cápsula, lo que no elimina la duda de haber algunas partenocárpicas como veremos más adelante.

En el Cuadro 3 se muestran los resultados de la polinización realizada en días sucesivos a la emasculación, en plantas de flores violetas (V) y plantas de flores blancas (B).

Cuadro 1. Porcentajes de germinación de granos de polen a diferentes horas de muestreo. 1983.

Hora de muestreo	Porcentajes de germinación	
	Flores blancas	Flores violetas
2:45 a.m.	0,0	0,0
3:45 a.m.	0,1	2,0
4:30 a.m.	30,0	5,0
5:00 a.m.	46,0	45,0
6:00 a.m.	65,0	67,0
6:30 a.m.	78,0	67,0
7:00 a.m.	72,5	70,5
8:00 a.m.	70,2	72,0
9:00 a.m.	66,5	76,9
10:00 a.m.	79,0	68,0
12:00 m.	80,5	73,6
14:00 p.m.	87,3	69,0
16:00 p.m.	7,5	1,0
18:00 p.m.	0,2	0,1
24:00 p.m.	0,0	0,0

De acuerdo con el Cuadro 1, los granos de polen alcanzan la madurez entre las 3:45 y las 5:00 a.m. Este proceso parece más rápido en plantas con flores blancas. El polen pierde su viabilidad entre las 14:00 y 16:00 hrs. Estos resultados muestran que la viabilidad del polen es corta (10 a 11 horas), con respecto al de otras especies como cacao (*Theobroma cacao* L.), en donde la viabilidad del polen alcanza las 48 horas (2).

Cuadro 2. Porcentaje de cuajamiento de flores autopolinizadas a diferentes horas del día. 1983.

Hora de polinización (am)	Número de flores polinizadas	Número de flores cuajadas	Porcentaje de fecundaciones*
4:00	8	8	100
4:30	6	6	100
5:00	8	8	100
8:00	8	6	75
9:00	8	7	87
10:00	10	7	70
11:00	10	6	60
12:00	12	2	17

* No se determinó el número de semillas por cápsula.

Cuadro 3. Resultados de la polinización en días sucesivos después de la emasculación, en plantas de flores violetas (V) y blancas (B). 1983.

Polinización días después de la emascu- lación	Hora de polinización	Color de la flor	Número flores polinizadas	Polinizaciones sin éxito	Número frutos sin semilla	Frutas con semi- lla y número de semillas ^{1/}
1	9:00 a.m.	V	7	1	5	1 (7)
2	7:00 a.m.	V	6	1	5	0
2	12:00 m.	V	3	0	3	0
3	9:00 a.m.	V	8	2	5	1 (1)
4	7:00 a.m.	V	5	3	2	0
4	10:00 a.m.	V	5	5	0	0
5	7:00 a.m.	V	5	1	4	0
5	10:00 a.m.	V	5	5	0	0
6	7:00 a.m.	V	3	2	1	0
8	12:00 m.	V	4	1	3	0
9	7:00 a.m.	V	7	3	2	2 (7,1)
1	7:00 a.m.	B	5	5	0	0
1	10:00 a.m.	B	7	5	2	0
2	7:00 a.m.	B	10	9	-	1 (1)
2	12:00 m.	B	3	3	0	0
3	9:00 a.m.	B	2	2	0	0

^{1/} Los números dentro del paréntesis indican el número de semillas por cápsula.

De los resultados de estas polinizaciones (Cuadro 3), es notorio que el método y la hora no son las adecuadas. El número de polinizaciones exitosas fue muy pobre y el número de semillas muy bajo, en relación con los que se encuentran en cápsulas polinizadas en forma natural.

Entre otros factores, el problema parece ser la hora de polinización, que puede no ser la más adecuada. En condiciones naturales, la polinización se realiza entre las 5:00 y 6:00 de la mañana, tiempo en el cual se observa gran actividad de los insectos polinizadores. Es probable que en horas posteriores el estigma no tenga las condiciones de humedad necesarias para favorecer la germinación de los granos de polen. Por otra parte, también es probable que el método de emasculación cause daños al estilo.

Sin embargo, mediante observaciones sobre la turgencia del pistilo se pudo notar que a partir del quinto y sexto día, solamente en flores color violeta estos órganos mostraron signos evidentes de marchitamiento, especialmente el estigma que se necrosa. Este fenómeno en plantas con flores blancas se presenta al cuarto día, siendo además más rápido y ocasionando la caída del estilo.

Los cruzamientos entre plantas de flores violetas y plantas de flores blancas, no resultaron efectivos. Autofecundaciones en plantas con flores violetas solo dieron un fruto con dos semillas de un total de 5 polinizaciones. En plantas con flores blancas de un total de 6 polinizaciones, resultaron 5 frutos con 7,14,4,3 y 10 semillas y un fruto sin semillas.

Estos resultados, como los anteriores, es necesario comprobarlos mediante otro método de emasculación, otras formas y hora (5:00 a 6:00 a.m. probablemente) de polinización. Sin embargo, es probable que existan también algunos niveles de incompatibilidad que pueden ser mayores en plantas con flores violetas.

En el Cuadro 4 se anotan los tamaños en mm de las principales partes de la flor, tomados de una muestra de 10 flores de 5 plantas por color de flor, las desviaciones estándar de estas medidas y los valores mínimos y máximos (rango).

Cuadro 4. Tamaño promedio en mm de las principales partes de flores de color blanco y violeta de *B. orellana*, desviaciones estándar y valores extremos de estas medidas. 1983.

Color de la flor	Parte de la flor	Medida	Promedio (mm)	D.S. (mm) 'S'	Rango (mm)	
Blanca	Pétalo	Largo	27,0	3,4	23-32	
		Ancho	14,7	2,7	12-20	
	Sépalo	Largo	11,9	1,8	10-16	
		Ancho	9,6	0,8	9,11	
	Estambre	Largo	13,2	2,3	11-18	
		Ancho	0,13	0,05	0,1-0-,2	
	Estilo	Largo	14,3	1,2	12-16	
		Ancho	2,2	0,6	1,4-3,0	
	Ovario	Altura	4,5	0,6	4,0-5,4	
		Diámetro basal	3,6	0,8	2,5-5,0	
	Antera	Largo	1,3	0,6	1,0-3,0	
		Ancho	0,67	0,13	0,4-0,8	
	Violeta	Pétalo	Largo	28,3	3,7	14,0-33,0
			Ancho	16,3	3,5	11,0-22,0
Sépalo		Largo	11,0	1,6	10,0-15,0	
		Ancho	10,4	2,5	8,0-15,0	
Estambre		Largo	14,6	3,8	11,0-18,0	
		Ancho	0,12	0,04	0,1-0,2	
Estilo		Largo	14,0	1,8	12,0-17,0	
		Ancho	1,26	0,21	1,0-1,5	
Ovario		Altura	4,4	0,5	4,0-5,0	
		Diámetro basal	2,8	0,4	2,0-3,0	
Antera		Largo	1,16	0,3	1,0-1,9	
		Ancho	0,75	0,14	0,5-0,9	

En general, las flores de plantas color violeta son ligeramente más grandes y con mayor variabilidad.

Se nota que hay poca variación en cada una de las características puesto que la desviación estándar en general es baja, al compararla con el promedio. En el caso del largo del sépalo se ve que las flores blancas fueron más largas y ligeramente más variables, pero en el ancho sucede lo contrario y en este caso las flores violetas tienen una enorme variabilidad, comparadas con las blancas. Seguramente el haber encontrado algunas flores con sépalos más gruesos hizo que el promedio aumentara y la desviación estándar subiera considerablemente. Este hecho hace notar que la forma de las cápsulas de las dos flores es algo diferente en su forma.

Estudiando cuidadosamente las otras características de la flor se observa que las flores violetas a pesar de ser más grandes, tienen la mayoría de los órganos más delgados.

La coloración de las flores varía desde un color violeta intenso hasta flores completamente blancas. En este trabajo, para la mayoría de los datos, se tomaron ambos extremos. Sin embargo, en el conteo del número de estambres por flor se consideraron flores de color violeta claro.

El número de estambres en flores color violeta intenso es más alto (399,3) con un mínimo de 396 y un máximo de 403, en relación con el que tienen las flores color violeta claro (380,5), con un mínimo de 369 y un máximo de 386, y las flores blancas (349,0) con un mínimo de 348 y un máximo de 384. El número de estambres por flor parece estar relacionado con la coloración. Sin embargo, debido a que el número de flores estudiadas fue bajo, es recomendable estudiar con mayor detalle este aspecto.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones ecológicas de Turrialba se concluye que el achiotte se comporta así:

1. El desarrollo de las ramas parece estar condicionado a los ciclos de producción; sin embargo, no se pueden hacer conclusiones firmes por la falta de mayor evidencia.

2. Las enfermedades destruyen muchos brotes de ramas que potencialmente podrían terminar en inflorescencias.

3. La apertura de las flores se inicia entre las 4 y 5 de la madrugada y concluye entre las 4:30 y 5:05 del siguiente día (24 y 27 horas). Hay una pequeña diferencia entre flores blancas y rosadas.

4. El tiempo desde la aparición de los botones hasta la apertura de la flor parece estar afectado mucho por el ambiente, o por variación genética. Se necesitan estudios más precisos para concluir definitivamente. Lo mismo que el tiempo entre la apertura de la flor y la madurez de la cápsula.

5. Parece que la polinización se debe mayormente a los insectos, cuya actividad es muy intensa entre las 4:45 y 5:00 a.m., después de que la flor terminó de abrirse y los estambres, como el pistilo, han adquirido su posición normal túrgidos.

6. El grano de polen tiene una vida relativamente corta, de 10 a 11 horas, pero como la flor permanece por varios días, es necesario estudiar si el polen está disponible (embriogénesis) cada mañana o solamente la primera mañana después de la apertura de la flor.

7. La viabilidad del pistilo parece durar hasta 9 días cuando la flor ha sido emasculada y no fecundada. Sin embargo, es necesario estudiar más en detalle puesto que la evidencia del presente trabajo no es muy concluyente.

8. La polinización manual para hacer cruzamientos artificiales requiere de mayor estudio. Parece que la mejor hora para realizarla es entre las 5 y las 6 a.m.

LITERATURA CITADA

1. CATALAN, S. Achiote. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 1974. 16 p.
2. BARROS, N. O. Cacao. Bogota, Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. 1981. 286 p. (Manual de Asistencia Técnica no.23).
3. CEVALLOS, M. Achiote. Lima, Perú. Ministerio de Agricultura y Alimentación. 1978. 16 p.
4. JOHNSTON, T. D. Achiote, a promising alternative for inclusion in small farming systems. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1976. 74 p.
5. RIVERA, R. El achiote: una promesa para El Salvador. Santa Tecla, El Salvador. CENTA/MAG. Circular no.80. 1967. 12 p.

VARIABILIDAD GENETICA DEL RENDIMIENTO Y ALGUNAS OTRAS
CARACTERISTICAS DEL ACHIOTE (*Bixa orellana* L.)

Gustavo A. Enríquez*
Luis G. Salazar**

INTRODUCCION

El achiote es una de las plantas de América Tropical que se ha cultivado por muchos años pero que no ha sido estudiada en forma adecuada, especialmente en su parte agronómica. Su cultivo se basa más que nada en observaciones empíricas de campo. Algunos estudios se han realizado en El Salvador durante los últimos años (13) de la década pasada y en Puerto Rico hasta hace pocos años (7,18).

Un aspecto de los menos estudiados es la variabilidad genética de algunas de las características agronómicas deseables del achiote. Su conocimiento es importante para mejorar los sistemas de cultivo establecidos asegurando una alta producción tanto de semilla, como de pasta o colorante, que garantice un buen retorno para el agricultor. Actualmente la mayoría del material usado para la siembra proviene de semilla de plantas seleccionadas por el agricultor en la zona o en su finca, lo cual no asegura el mejor material genético para la plantación.

Hay muy pocas colecciones de germoplasma en América Latina y estas colecciones no han sido tratadas como tales, sino más bien han sido el fruto del entusiasmo y trabajo de una persona que, al dejar de hacerlo o pasar a otras funciones, han desaparecido o se han abandonado.

* Genetista, Departamento de Producción Vegetal, CATIE, Turrialba.

** Asistente de Campo y Laboratorio, Departamento de Producción Vegetal, CATIE, Turrialba.

Introd

La mayoría de los autores aseguran que la planta es originaria de Brasil (7,10,12,15,17), de alguna zona del Alto Amazonas (12,13,15) o de las Antillas (10). Los países más productores tradicionalmente han sido Jamaica, Ecuador, Brasil, Perú, India, Sri Lanka, República Dominicana y Colombia (3,15).

El factor más importante en la producción de bixina, un carotenoide (Monometil éster del ácido norbixin dicarbónico), que tiene mucha aplicación en colorear alimentos, fibras y con muchos otros usos industriales (1,2,4,9,10,12,13,15,16,17).

Por algún tiempo se pensó que podía ser dañino al hombre, puesto que en Brasil y Ecuador algunos aborígenes lo usan como repelente, pero se ha comprobado en ensayos con ratas y cerdos por varias generaciones, que no es dañino (1). Esto sumado a la discontinuación de los productos colorantes sintéticos, hace al achiote un producto con alto potencial de expansión en América Tropical.

En vista de que no se ha podido encontrar mucha información sobre la variabilidad, excepto sobre algunas características deseables agrónomicamente de cuatro selecciones de El Salvador (13), se inició este estudio con los siguientes objetivos:

1. Estudiar el rendimiento de 13 variedades de diferentes orígenes.
2. Estudiar las características más importantes de la planta, asociadas al rendimiento.
3. Obtener información preliminar sobre plagas y enfermedades presentes y la tolerancia o resistencia de las variedades.

DESCRIPCION DE LA PLANTA

La mayoría de los autores hacen descripciones incompletas de la planta de achiote lo que sugirió a los autores a hacer una descripción más objetiva de cada una de las partes de la planta. La mayor parte de esta descripción está basada en observaciones de la colección de plantas de achiote del CATIE, en la de León (11) y en la de Ingran y Francis (7).

LA PLANTA

Arbusto grande o árbol pequeño, su tamaño varía mucho por la variedad, manejo o densidad de plantación.

LAS RAMAS

En general son delgadas, tendiendo a leñosas y su coloración varía del verde al morado. De crecimiento no bien determinado.

LAS HOJAS

De un color verde oscuro, son muy variables en la forma, dependiendo de la variedad entre acorazonadas hasta ovales, lanceoladas, lisas en los lados. El envés es de color algo plateado especialmente cuando maduras, que se vuelven algo coriáceas. Las hojas son alternas y durante la época seca la planta generalmente pierde la mayoría de ellas (13).

RAIZ

La plántula desde joven tiene una raíz pivotante muy larga. Cuando madura el árbol, su sistema radical es bien desarrollado (13, 15). No hay conocimiento adecuado sobre la raíz de plantas reproducidas asexualmente.

El FRUTO

Es dehiscente de forma oval con una punta alargada o de forma de una castaña. Algunas variedades tienen fruto indehiscente. Es una cápsula que generalmente está recubierta por una serie de espinas de diverso tamaño y dureza que pueden lastimar al contacto con la mano, cuando secas. Tanto la forma como la textura y color de la parte exterior de la cápsula varía enormemente de cultivar a cultivar, pudiéndose usar esta característica para identificar clones, genotipos o poblaciones en forma segura.

El interior del fruto está compuesto por dos valvas que contienen las semillas unidas con la placenta central por pequeños apéndices de contextura algo dura. En ocasiones se puede encontrar en algunas poblaciones frutos con tres valvas, lo cual podría ser una característica beneficiosa para aumentar

la capacidad de producción (13). El número de semillas que contiene cada cápsula varía enormemente, pues está sujeto a la polinización que parece ser completamente entomológica; se encuentran desde 30 hasta 60 semillas.

LA SEMILLA

Es relativamente pequeña, muy liviana cuando seca, recubierta por una resina a manera de pulpa, de color de anaranjado brillante o rojizo a amarillento, esta pulpa o capa resinosa es la que contiene el colorante que se explota comercialmente. Existe una gran variabilidad en la forma de las semillas, desde redondeadas hasta triangulares piramidales (12), la variabilidad en peso y tamaño dentro del árbol también es grande dependiendo de la variedad.

Las cápsulas secas con semillas y todo, preparadas adecuadamente constituyen un buen alimento para ganado vacuno, caprino, caballo u ovejuno, debido a su alto contenido de proteína, de aproximadamente 25% (9).

La inflorescencia es una panícula (5) que está localizada en las ramas jóvenes terminales. Cada ramilla nueva teóricamente debe terminar en una inflorescencia, si no se ha subdividido en ramillas secundarias.

LA FLOR

Puede variar el color desde blanco al rosado y ligeramente en el tamaño. Por lo general están localizadas en las partes terminales de las ramas jóvenes. El botón floral es globuloso dando la impresión de estar recubierto por sucesivas capas (sépalos). Al abrirse la flor, tiene cinco pétalos redondeados o de forma ovalada. Los estambres son pequeños con pedúnculos cortos (14), recuerda la forma de una papaya y puede variar ligeramente en la forma de muy globosa a alargada. Los estambres son muy numerosos, de 350 a 400 (14), dispuestos alrededor del pistilo. Al abrirse la antera, esta contiene ocho sacos embrionarios que producen abundante polen. El pistilo tiene un estigma en forma de "boca-abierta" y el estilo es alargado erecto y llega a tener la forma de una S al madurar. Termina en un ovario elipsoidal súpero, recubierto por muchos pelos glandulares. Contienen dos valvas (en ocasiones tres) a cuyos costados en la plácenta se albergan

los óvulos que también son numerosos.

MATERIALES Y METODOS

El presente estudio se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, que tiene una precipitación anual promedio de 2645 mm, una temperatura media de 22,3°C con una máxima de 27°C y una mínima promedio anual de 17,7°C. La humedad ambiental relativa es de 87,6% y un brillo solar diario promedio de 4,54 horas (promedio de 23 años).

Se seleccionaron 13 variedades de la colección del CATIE y unas introducciones de Ecuador cuya fecha de introducción se encuentra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variedades de achiote introducidas al CATIE usadas en el experimento. 1983.

Número	Nombre	Fecha de introducción
1	Roja espinosa	12-1-73
2	Roja semiespinosa	12-1-73
3	CATIE - 1	12-1-73
4	CATIE- 2	12-1-73
5	IICA 5013	Setiembre 1965
6	IICA 5014	Setiembre 1965
7	IICA 5015	Setiembre 1965
8	IICA 5016	Setiembre 1965
9	Santo Domingo	27-7-73
10	Oriente 1	27-7-73
11	Oriente 2	27-7-73
12	Oriente 3	27-7-73
13	Oriente 5	27-7-73

El ensayo fue plantado en octubre de 1974 en un área denominada La Montaña, en un suelo franco arcilloso bien drenado, a la distancia de 3,5 x 3m. El diseño estadístico fue de bloques al azar con cuatro repeticiones y cuatro plantas por parcela.

Se inició la toma de datos desde 1979 por dos años, que es lo que se presenta en este trabajo.

Los datos que se tomaron fueron:

a) Rendimiento. Pesando la cosecha tanto en cápsulas como en grano húmedo y seco, de lo que derivó alguna otra información.

b) Características de las cápsulas. Se tomaron 50 cápsulas de cada planta y se pesaron antes y después de retirar las semillas; se pesaron hasta 1000 semillas de cada árbol. En todos los parámetros estudiados se calculó la desviación estándar para establecer la variabilidad de cada una de ellas (19).

Se observó todo ataque de enfermedades o plagas pero solamente mereció atención el "mildíu pulverulento" causado por el hongo *Oidium bixae* Viegas^{1/}. Se calificó con cuatro grados de infección. 1=0-25%; 2=26,50%; 3=51-75% y 4=76-100%. Se estimó el índice de infección basado en un promedio ponderado por árbol.

RESULTADOS

En el Cuadro 2 se presenta el rendimiento anual y el promedio de achote de las 13 variedades expresado en kg/ha, para los años 1979 y 1980. Se puede ver que el promedio de producción durante los dos primeros años es excelente para la variedad denominada 'Oriente-1', pues sobrepasa los 2000 kg. Es de notarse que algunas de las selecciones produjeron muy distinto de un año para otro. La variedad 'Santo Domingo' el primer año produjo solamente 211 kg/ha, colocándose en el último lugar, en cambio en 1980, su rendimiento fue de 1988 kg, lo que le colocó en el primer lugar ese año, promediando los dos años

^{1/} Comunicación personal de la Ing. Irma G. Laguna, Fitopatóloga, Departamento de Producción Vegetal, CATIE.

cerca de 1100 kg/ha.

Cuadro 2. Rendimiento de achiote comercial, expresado en kg/ha de 13 introducciones durante los años 1979 y 1980.

Introducción	Rendimiento en kg/ha		
	1979-1980	1980-1981	\bar{x}
Oriente 1	2544,2*	1657,0	2100,6
Oriente 2	1817,7*	1323,7	1570,7
CATIE-1	1175,0	1209,5	1192,2
IICA-5014	838,7	1459,5	1149,1
IICA-5013	601,5	1661,5	1131,5
Santo Domingo	211,2	1988,5	1099,8
IICA-5015	676,0	1331,7	1003,8
CATIE-2	957,0	749,2	853,1
Oriente 5	541,5	1045,5	793,5
IICA-5016	1006,0	471,0	738,5
Oriente 3	349,7	642,0	495,8
Roja Espinosa	462,7	472,0	467,3
Roja Semi-espinosa	382,5	545,5	464,0

* Las mejores variedades del año cuyas diferencias de promedios fueron estadísticamente diferentes.

La variedad 'Oriente-1' produjo en 1979 más de 2500 kg/ha pero en 1980 produjo solamente el 65%, (1675 kg/ha) lo que le puso en segundo lugar en ese año, pero al promediar los dos años seguía ocupando el primer lugar. El contraste de rendimiento con la variedad 'Roja Semi-espinosa' que ocupa el último lugar es bastante significativo, pues 'Oriente-1' produce 4,5 veces más.

La variabilidad del rendimiento entre los árboles dentro de cada línea se encuentra en el Cuadro 3, donde se expresa el rendimiento promedio, el máximo y el mínimo por árbol en cada introducción con la desviación estándar y el coeficiente de variación. La producción se considera como el total de los dos años.

Se observa que la variación entre plantas en algunas líneas es bastante pequeña ($\sigma = 2,3$), como en el caso de la variedad 'Roja Espinosa', en cambio la variedad 'Oriente-2' tiene una variabilidad muy grande ($\sigma = 18,4$), en cuyo caso el coeficiente de variación sobrepasó el 100% y la desviación estándar es mayor que el promedio.

El Cuadro 4 contiene los datos del peso promedio de cápsulas al momento de la cosecha con la desviación estándar y el coeficiente de variación. Se puede ver que el peso varía grandemente y deberá estar en función del tamaño de la cápsula, los promedios de variedades difieren mucho, con un máximo de 7,57 g. para 'Oriente-5', mientras que 'CATIE-2' apenas alcanza 1,79 g.

La variabilidad dentro de cada línea es grande, siendo la más alta en la misma variedad 'Oriente-5', ($\sigma = 3,6$), pues un árbol tiene cápsulas muy pequeñas, entre las de menor peso (1,4 g), mientras que otro árbol hermano tiene entre las más grandes 12,4 g. En la mayoría de los casos, la desviación estándar es menos del 50% que el promedio. Solo la variedad 'CATIE-2' tiene esta característica bastante estable ($\sigma = 0,27$).

El peso húmedo de 100 semillas con sus características se encuentra en el Cuadro 5. La diferencia entre variedades es grande. La variedad 'Oriente-1' en este caso tiene las semillas más grandes o pesadas, mientras que la línea 'IICA-5015' tiene las más pequeñas o de menor peso. En general, las cinco variedades de Ecuador son las que tienen las semillas más grandes

Cuadro 3. Rendimiento total de dos años, 1979 y 1980 en kg/árbol, promedio, rendimiento máximo, rendimiento mínimo, desviación estándar y coeficiente de variación. 1983.

Variedad	\bar{X}	Máximo	Mínimo	σ	C.V. (%)
Roja Espinosa	5,69	9,800	2,675	2,313	40,65
Roja Semi-espinosa	6,16	15,290	1,375	3,401	55,22
CATIE - 1	14,55	60,250	4,225	13,971	96,02
CATIE - 2	9,23	19,275	2,225	4,090	44,31
IICA - 5013	18,95	34,450	10,500	6,122	32,31
IICA - 5014	16,82	44,200	2,600	9,292	55,24
IICA - 5015	15,02	25,400	5,200	5,776	38,45
IICA - 5016	6,25	23,600	2,050	5,255	84,09
Santo Domingo	22,03	38,050	13,350	7,601	34,50
Oriente 1	20,69	41,475	9,400	9,931	48,00
Oriente 2	16,35	64,783	0,750	18,398	112,46
Oriente 3	8,80	21,250	0,475	7,141	81,15
Oriente 5	11,94	26,050	2,690	8,162	68,36

Cuadro 4. Peso promedio de cápsulas en gramos al momento de la cosecha, desviación estándar y coeficiente de variación. 1983.

Variedad	\bar{X} (g)	Máximo	Mínimo	σ	C.V.(%)
Roja Espinosa	2,06	3,71	1,34	0,649	31,50
Roja Semi-espinosa	2,38	4,22	1,10	0,855	35,95
CATIE - 1	3,44	9,30	1,17	2,461	71,95
CATIE - 2	1,79	2,44	1,25	0,275	15,40
IICA - 5013	4,34	7,46	2,85	1,155	26,62
IICA - 5014	3,64	5,86	2,50	0,880	24,20
IICA - 5015	3,65	5,46	2,50	0,816	22,37
IICA - 5016	3,51	6,40	2,25	1,130	32,21
Santo Domingo	6,80	18,00	3,56	3,361	49,44
Oriente 1	7,46	11,75	2,75	2,730	36,60
Oriente 2	6,68	11,57	1,70	3,432	51,39
Oriente 3	5,52	8,75	1,67	2,648	47,98
Oriente 5	7,57	12,36	1,40	3,617	47,79

en promedio y las que tienen una alta variabilidad dentro de las líneas, entre las que se distingue 'Oriente-2', notándose en esta línea que un árbol tiene semillas sumamente pequeñas y poco pesadas.

El peso seco en gramos de 100 semillas (Cuadro 6) es una característica que varía poco de línea a línea y dentro de líneas. La línea 'IICA-5014' tiene las semillas más pesadas seguida por 'Oriente-2'. La línea 'IICA-5016' tiene la semilla menos pesada; sin embargo, se nota que algunos árboles de otras líneas tienen las semillas poco pesadas, como es el caso de 'Oriente 2, 3 y 5'.

El número de semillas por cápsula promedio de variedad también varía mucho, pues hay un rango desde 20,6 hasta 42,7 semillas por cápsula es decir, el doble (líneas 'Roja Espinosa' y 'Oriente 1'). Pero la variabilidad dentro de las líneas es mucho más grande e interesante, siendo la desviación estándar más alta la de la línea 'Oriente 2' y la más pequeña la de 'CATIE-2'. (Ver Cuadro 7).

El diferencial de humedad perdida de la semilla, representa el porcentaje de materia seca de la semilla, relacionando la semilla húmeda al momento de la cosecha y el grano seco (10-12%). Esto representa un dato interesante, por cuanto aquella semilla con más materia seca o menos porcentaje de humedad perdida podría representar una economía en el manejo, al nivel de cosecha fresca por el menor manejo operacional del bruto total de cosecha. Falta detectar correctamente la relación materia seca y porcentaje de bixina obtenida.

Como se puede ver existe una gran diferencia entre variedades y una buena diferencia dentro de cada familia, aunque es más uniforme por ser un promedio de varias cápsulas. (Ver Cuadro 8).

Cuadro 5. Peso húmedo en gramos de 100 semillas, desviación estándar y coeficiente de variación. 1983.

Variedad	\bar{X}	Máximo	Mínimo	σ	C.V.(%)
Roja Espinosa	3,41	4,54	2,48	0,638	18,70
Roja Semiespinosa	3,11	3,77	2,16	0,607	19,52
CATIE - 1	3,50	3,21	2,38	0,975	27,88
CATIE - 2	3,43	4,48	2,61	0,586	17,07
IICA - 5013	3,18	4,11	2,48	0,626	19,68
IICA - 5014	3,75	9,50	2,46	1,832	48,86
IICA - 5015	2,85	4,04	1,62	0,646	22,68
IICA - 5016	3,65	4,68	2,46	0,580	15,87
Santo Domingo	4,20	6,29	2,75	1,505	35,84
Oriente 1	5,58	8,72	3,08	1,683	30,16
Oriente 2	4,93	8,89	0,68	2,518	51,08
Oriente 3	5,25	8,20	2,57	2,349	44,74
Oriente 5	4,98	6,40	3,07	1,152	23,13

Cuadro 6. Peso seco en gramos de 100 semillas de las variedades de achiote. 1983

Variedad	\bar{X}	Máximo	Mínimo	σ	C.V.(%)
Roja Espinosa	2,22	2,94	1,67	0,404	18,18
Roja Semiespinosa	2,11	2,47	0,97	0,410	19,42
CATIE - 1	2,41	3,36	1,76	0,438	18,17
CATIE - 2	2,42	3,17	1,99	0,366	15,12
IICA - 5013	2,47	3,25	1,72	0,427	17,27
IICA - 5014	3,16	7,50	2,20	1,383	43,78
IICA - 5015	2,37	2,93	1,45	0,454	19,15
IICA - 5016	1,62	2,85	0,94	0,561	34,64
Santo Domingo	1,78	2,71	0,98	0,719	40,39
Oriente 1	3,09	3,82	2,25	0,493	15,95
Oriente 2	2,56	4,63	0,54	1,272	49,69
Oriente 3	2,63	3,75	0,78	0,934	35,51
Oriente 5	1,99	3,22	0,65	1,007	50,60

Cuadro 7. Número de semillas por cápsula, desviación estándar y coeficiente de variación. 1983.

Variedad	\bar{X}	Máximo	Mínimo	σ	C.V.(%)
Roja Espinosa	20,60	27,60	9,90	4,89	23,76
Roja Semiespinosa	22,65	28,70	14,80	4,16	18,37
CATIE - 1	27,50	51,08	13,80	10,39	37,79
CATIE - 2	26,61	34,16	21,00	3,38	12,70
IICA - 5013	29,94	42,00	12,24	7,90	26,38
IICA - 5014	25,98	43,72	10,28	9,14	36,20
IICA - 5015	23,39	42,00	15,40	8,29	35,43
IICA - 5016	34,07	44,74	14,50	6,87	20,18
Santo Domingo	26,02	36,80	12,34	10,24	39,36
Oriente 1	42,23	62,00	11,00	13,20	31,27
Oriente 2	29,28	49,98	7,73	16,41	56,03
Oriente 3	26,54	37,50	13,12	8,50	32,04
Oriente 5	39,56	51,50	25,95	7,42	18,75

Cuadro 8. Diferencial de humedad perdida por la semilla después de la cosecha de achiote, expresado en porcentaje. Experimento Achiote 1980.

Variedad	\bar{X}	Máxima	Mínima	σ	C.V.(%)
Roja Espinosa	38,48	59,36	21,45	12,62	32,79
Roja Semiespinosa	36,98	69,07	18,52	14,92	40,33
CATIE - 1	43,66	74,72	12,22	17,30	39,62
CATIE - 2	30,47	44,91	18,52	8,54	28,03
IICA - 5013	36,73	52,46	18,99	12,01	32,71
IICA - 5014	31,38	54,54	12,38	12,59	40,13
IICA - 5015	33,52	64,52	12,87	13,28	39,62
IICA - 5016	43,37	57,98	25,75	9,27	20,43
Santo Domingo	60,50	68,01	50,00	5,37	8,87
Oriente 1	52,52	67,10	27,78	9,43	17,96
Oriente 2	58,02	71,87	35,87	12,90	22,23
Oriente 3	56,30	73,94	23,66	16,15	28,96
Oriente 5	60,55	69,61	21,74	12,49	20,63

En el campo se observaron básicamente dos problemas o enfermedades. La primera no fue posible identificarla adecuadamente y se sospecha ser *Cercospora* sp. No se pudo hacer ningún trabajo especial pues su ataque fue esporádico y de muy poca importancia.

La segunda enfermedad fue identificada como *Oidium bixae* Viegas, sobre la cual se estimó un índice que se presenta en el Cuadro 9. Este índice es un promedio ponderado por árbol, cuya distribución de frecuencia y su valor nos muestra una gran variación entre líneas. La línea con el índice más bajo fue 'Roja Espinosa' donde se nota que existe el mayor número de árboles con menos incidencia de la enfermedad. La línea con más incidencia de la enfermedad en sus descendencias es la 'IICA-5016', que alcanza el índice más alto pues 14 de los 16 árboles fueron severamente afectados con un porcentaje de infección superior a 76%. La mayoría de estos árboles estaban casi sin hojas al final de la época seca por caída de ellas.

* Se observó el ataque de insectos a la cápsula; se vio una oruga no identificada que penetra en la cápsula y solo destruye unas semillas, pero abre las puertas para el daño de las otras semillas por hongos y posiblemente bacterias. En general, se considera que es un daño bastante ligero si se cosecha a tiempo (2,6).

Cuadro 9. Índice de infección, promedio ponderado y grado de incidencia de *Oidium bixae* Viegas en achote. 1983

Variedad	Grado de incidencia				Número Plantas	Total Ponderado	Índice*
	1 25%	2 50%	3 75%	4 100%			
Roja Espinosa	10	1	3	2	16	29	1,8
Roja Semiespinosa	9	6			15	21	1,4
CATIE - 1	6	6	2	2	16	32	2,0
CATIE - 2	9	5	2		16	25	1,6
IICA - 5013	5	3	5	3	16	38	2,4
IICA - 5014	3	1	6	6	16	47	2,9
IICA - 5015		1	9	6	16	53	3,3
IICA - 5016			2	14	16	62	3,8
Santo Domingo	4	4	8		16	36	2,2
Oriente 1	2	10	3		15	31	2,1
Oriente 2		4	4	5	13	40	3,1
Oriente 3		3	4	4	11	34	3,1
Oriente 5		1	3	11	15	55	3,7

* \bar{X} valor de incidencia ponderado.

DISCUSION

Muy poca evidencia sobre la investigación de la adaptación y rendimiento del achiote se encuentra en la literatura a nuestro alcance.

La producción del achiote parece estar bastante influenciada por el ambiente, siendo uno de los factores más importantes la oportuna intervención de los agentes polinizadores. Rodríguez y Enríquez (14) han encontrado por lo menos tres tipos de insectos que frecuentan las flores con posibilidades de provocar la fecundación, pues aunque parece que la mayoría de las polinizaciones son provocadas en la misma flor (auto-polinización), esta generalmente la realizan insectos, ya que los mismos autores al cubrir con bolsas las flores, no encontraron una polinización razonable en las pocas cápsulas que se formaron. Ni aún la polinización controlada, pasadas las 7 de la mañana, surtió el efecto esperado, pues el número de semillas obtenidas fue muy bajo y casi todas las semillas obtenidas no germinaron.

Otro factor que interviene en forma muy dependiente es la formación de ramas laterales para la floración, pues en los últimos años hemos visto que la mayoría de las ramillas que deberían formar cápsulas se enfermaron y murieron con una especie de "Die back", identificada como *Oidium bixae* Viegas y quizá *Cercospora bixae* A. y N.

Este problema hace que se reduzcan considerablemente las ramillas y por consiguiente las inflorescencias terminales.

Del experimento realizado en Turrialba se puede ver que la variación de producción es muy alta tanto entre selecciones como dentro de cada familia. Además, la enorme variabilidad de la producción de un año para otro no permite hacer una evaluación adecuada en un corto tiempo. Es necesario que se realicen ensayos de adaptación bastante largos, lo que permitirá determinar estadísticamente el número de años óptimo para hacer una evaluación confiable, tal como se han hecho en otros cultivos tropicales.

Sin embargo, la enorme diferencia entre las variedades especialmente para el año 1979 (2.544,2 y 211,2 kg/ha), hace pensar que la selección de la variedad más adecuada para cada región o zona potencial de producción es una necesidad imperiosa que debería realizarse lo más rápido posible,

especialmente con material probado.

En esta prueba las familias que ocupan los tres primeros puestos, es decir 'Oriente 1', 'Oriente 2' y 'CATIE 1', en la producción promedio de los dos años, parecen ser bastante estables; sin embargo, cuando nos fijamos en la variabilidad de cada una de ellas (Cuadro 3) encontramos que estas son dos de las más altas, es decir, que hay árboles que producen rendimientos altos pero también hay algunos que su rendimiento es muy bajo. Esto es muy notorio especialmente en la variedad 'Oriente 2', donde hay una planta que produjo 64,8 kg en los dos años cosechados, mientras que otra planta apenas produjo 750 g durante esos dos años.

Esto implica que la variabilidad de esta familia (Oriente 2) que es muy alta, puede suceder debido a: a) que esté normalmente segregando dentro de su genotipo normal; b) que las autopolinizaciones provoquen una depresión genética y c) que cruzamientos extraños provoquen una especie de hibridación favorable, que permite que esas pocas plantas tengan un rendimiento muy alto.

Es necesario, por lo tanto, estudiar un poco más este factor para poder recomendar finalmente a los agricultores un material homogéneo de alto rendimiento.

Si se consideran solamente las tres mejores plantas de esa familia, cuyas producciones fueron 64,783; 40,065; 35,325 kg/planta durante los dos años, tendríamos un promedio de 46,724 kg, lo que implica una producción de 23,362 kg/planta/año. Esas plantas están ocupando 10,5 m², por lo que en una hectárea producirían 952 plantas lo que equivale a 22.240 kg/ha/año. Si consideramos que un agricultor puede cosechar el 80% del dato experimental, tendríamos que podría cosechar 17.792 kg/ha/año. Si un kg de semilla produce 78 g de pasta (9), tendríamos que se puede cosechar 228 kg de pasta comercial. En Costa Rica (1977) el valor de 1 kg de pasta fluctuó entre US\$4,60 a 5,10 (9), lo que daría un rendimiento total de US\$1.048,8 a 1.162,8. Seguramente los precios y costos cambiarán mucho de un lugar a otro y los rendimientos varían de acuerdo con las condiciones locales, recomendándose hacer los cálculos para cada caso.

Johnston (9) estimó que una familia típica de Costa Rica puede producir aproximadamente 68,2 kg de pasta (150 lb.), lo que equivaldría a unos

5.320 kg de material fresco que sería casi 1/3 de lo que se ha estimado para el caso de tener una hectárea con plantas uniformes para producir de una variedad bien seleccionada.

Cevallos en 1978 en Perú (4), estimó producciones de 600 a 1.177 kg/ha de grano seco, que equivale aproximadamente a 1.961 kg/ha de semilla fresca que es nuestro cálculo (60% de la semilla fresca pero en seco), basado en una estimación de grano seco de 10 a 12% de humedad.

En la República Dominicana, Jansen en 1953 (8) estimó que el achiote, sin ninguna tecnología y al nivel familiar, puede producir de 361 a 1083 kg/ha (50 a 150 lb por hectárea).

Sánchez en Colombia en 1965 (16), para una plantación comercial estimó rendimientos de 1.500 a 2.000kg/ha lo que va más acorde con los resultados de este experimento.

Otros autores (3,7) hacen estimaciones mucho más bajas pero que también están de acuerdo con los resultados de las variedades que menos produjeron en este experimento, con menos de 500 kg/ha/año, pero las estimaciones se basan en el cultivo casero y no de una plantación comercial.

Rodríguez y Enríquez (14) al estudiar las brotaciones encontraron que estas fueron altamente afectadas por enfermedades que más tarde se identificaron como *Oidium bixae* Viegas y *Cercospora bixae*, A. y N.^{1/}, seguramente este factor está influenciando enormemente en la producción de inflorescencias, lo que definiría la producción de cápsula.

El peso promedio de la cápsula debe estar en función del número de semillas y del número de cápsulas por árbol; sin embargo, es un carácter que varía mucho de familia a familia y de árbol a árbol (ver Cuadro 4). Las familias introducidas de Ecuador tienen las cápsulas más grandes, lo que hace pensar que en esas poblaciones se puede seleccionar material con cápsula bien grande, característica que debe estar asociada al número de semillas por cápsula. Refiriéndose al Cuadro 4, vemos que efectivamente

^{1/} Información personal de Irma Graciela Laguna, Departamento de Producción Vegetal, CATIE. 1983

las líneas de Ecuador tienen un alto número de semillas pero entre las otras hay excepciones como en el caso de la familia 'IICA-5016', que a pesar de tener una cápsula de tamaño mediano (3,51 g) a pequeño, tiene un alto número de semillas (34,1 en promedio), pero tiene las semillas más pequeñas en promedio de todo el material genético estudiado (1,62 g las 100 semillas secas).

La familia 'CATIE-2' tiene las cápsulas más pequeñas y es la más uniforme para ese carácter; sin embargo, el número de semillas por cápsula y su peso seco no es el menor comparado con otras familias, lo que quiere decir que la relación cápsula peso de la semilla, es beneficioso. En otras palabras, la cápsula sin semillas pesa mucho menos que las de otras variedades, lo que económicamente puede ser beneficioso por tener que hacer menos trabajo durante la cosecha y la separación de la semilla. Esta es otra característica que se debe estudiar profundamente para hacer selecciones.

Como no se conoce el origen exacto de cada familia, no se puede hacer una comparación por área de origen; sin embargo, se puede decir que las introducciones antiguas del IICA tienen cápsulas de tamaño medio, las de Ecuador las tienen grandes y las otras cuatro familias ('Roja Espinosa', 'Roja Semi-espinosa', 'CATIE-1' y 'CATIE-2'), tienen cápsulas pequeñas. Quizás una excepción es 'CATIE-1' que está más cerca de las medianas.

La literatura no es precisa en el número de semillas que contiene cada cápsula, solamente se sabe que las selecciones de El Salvador (13) contienen entre 40 y 50 semillas por cada cápsula. En nuestro experimento se han podido encontrar árboles con 62 semillas por cápsula en promedio, siendo la normal menos de 50 semillas, como el material de El Salvador.

El número de semillas por cápsula es una variable que tiene mucha influencia del ambiente, especialmente de los polinizadores. Durante el transcurso de la toma de datos, se encontraron árboles que en promedio tienen apenas ocho semillas por cápsula (ver Cuadro 7, familia 'Oriente-2'). Esto sería explicable ya sea porque la planta tiene flores poco atractivas a los insectos polinizadores o porque existe algún sistema de incompatibilidad que sería conveniente estudiarlo. También pueden existir otras razones como nutricionales o simplemente genéticas de bajo número de semillas. Otra planta que merece atención es una de la variedad 'Roja Espinosa', la cual tiene un promedio menor de 10 semillas.

Nuestras investigaciones aún no han podido definir claramente si una semilla grande rinde más que una pequeña o viceversa, pues en la colección del CATIE, se han encontrado todas las posibilidades, es decir, semilla pequeña con alto y bajo contenido de Bixina y de aceite y lo mismo para semillas medianas y grandes. Por lo tanto, hacen falta una serie de estudios que aclaren un poco más para poder hacer selecciones. Lo que sí es claro, es que cualquiera que sea el peso de las semillas, lo importante es el contenido de los elementos comerciales y la facilidad de manipuleo de la semilla para obtener la pasta comercial.

Desde el punto de vista de la variabilidad del tamaño de la semilla, los datos (Cuadros 5 y 6) nos demuestran que existe una gran variabilidad, tanto entre familias como dentro de familias e incluso varía mucho la forma de las semillas. En el presente trabajo no se tomaron datos para poder apreciar la forma de la semilla de manera concreta, por lo tanto es materia de otro estudio más minucioso de esto y la forma de la cápsula.

La enfermedad que más afectó al cultivo durante los dos años que se tomaron datos fue el *Oidium* que destruyó una buena parte de las hojas y de las ramillas terminales.

Para su calificación se usó el criterio de el daño general a la planta, antes que el área de afección. Como solamente se tomara una vez, al final de la época seca era más lógico aplicar este criterio, puesto que era más visible el daño general. No se pudo observar ningún árbol con inmunidad, por lo tanto no se usó el 0 de la escala, pero si se notó que hubo árboles muy poco afectados a los que se debería seguir observando para probar su tolerancia a la enfermedad.

Fue muy notoria la mayor tolerancia que presentaban las familias locales comparadas con las introducciones del Ecuador, a las cuales se les considera como de mediana susceptibilidad a susceptibles; sin embargo, las introducciones antiguas del IICA fueron las más susceptibles; las dos del CATIE y las Rojas fueron las más tolerantes. En el presente trabajo se propone un índice o promedio ponderado, para calificar el ataque de esta enfermedad.

Se estimó que aquellos índices de dos o menores de dos se pueden calificar como familias tolerantes a la enfermedad. Los índices de 2,1 a 3 se les consideró como de mediana susceptibilidad y los índices mayores de 3,1 como familias susceptibles. Bajo esta interpretación solamente las familias 'Roja-espinosa', 'Roja-semiespinosa', 'CATIE-1' y 'CATIE-2' se pueden considerar como tolerantes, las otras se pueden considerar como medianamente susceptibles o susceptibles. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que hay algunos árboles tolerantes entre estas variedades que deberían ser más estudiados. No es recomendable coleccionar semilla de árboles que manifiesten alguna susceptibilidad.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Se encontró poca información de ensayos de adaptación.
2. La formación de frutos es muy dependiente de plagas, enfermedades y de la polinización entomófila.
3. La variabilidad genética del carácter rendimiento es muy alta, tanto entre variedades como dentro de ellas. Esto facilitaría hacer selecciones de variedades y de líneas dentro de las variedades.
4. Es muy necesario hacer experimentos de rendimiento más o menos largos (8 años de datos o 12 años desde plantados), con el fin de determinar adecuadamente el número de años necesarios para estimar diferencias en la producción y hacer selecciones con criterios estadísticos.
5. Es necesario regionalizar las mejores variedades adaptadas o seleccionadas en los Centros de Investigación a los lugares potenciales de producción.
6. Es urgente estudiar con detalle la segregación de las mejores familias para determinar el número de plantas buenas o deseables, por autofecundación o fecundación cruzada, lo que al mismo tiempo daría una idea de la necesidad o no de hacer híbridos.
7. Con una selección adecuada, el potencial promedio de producción de algunas familias genéticas, podría ser al nivel del agricultor, más de US\$1.000/ha/año de rendimiento bruto. El costo de mantenimiento

y mano de obra familiar es muy bajo entre los agricultores de escasos recursos.

8. Los resultados del rendimiento para las variedades de mejor producción de este experimento, sin ningún mejoramiento, coinciden con lo que algunos autores estiman como una buena producción, y las variedades de baja producción coinciden con las estimaciones de la mayoría de los casos reales de la literatura.
9. Es necesario estudiar con más detalle el efecto negativo de las enfermedades que están destruyendo los brotes terminales que son las áreas potenciales de fructificación.
10. El material introducido de Sur América tiene las cápsulas más grandes que las locales, característica que parecería estar asociada al mayor número de semillas por cápsula y mayor tamaño.
11. Es necesario estudiar más en detalle, con una población más variable, las relaciones de cápsula - peso de semillas.
12. El número de semillas por cápsula potencialmente sobrepasa las 60. Sería necesario determinar cuáles son los factores genéticos y ambientales que lo determinan.
13. No se encontró en la literatura una definición de si la semilla es mejor grande o pequeña o un límite en tamaño o peso. Es necesario promover investigación para definir el tipo deseable que puede influir definitivamente en la selección de nuevo material para el agricultor. Al mismo tiempo, es necesario estudiar la relación con la forma y características morfológicas.
14. Las enfermedades juegan un papel importante en el rendimiento del achiote, pero no se ha llegado a cuantificar el problema. Hace falta estudiar más en detalle este factor para hacer recomendaciones económicas al productor sobre su combate o seleccionar tipos resistentes o tolerantes.
15. Es recomendable entregar semilla a los productores solamente de árboles que presenten alguna tolerancia o resistencia.

LITERATURA CITADA

1. AMSTERDAM. ROYAL TROPICAL INSTITUTE. Research Activities 1958-1961. Amsterdam, Department of Agricultural Research. Communication no.56. 1968. 74 p.
2. BURLEY, J. and STYLES, B. T. Ed. Tropical trees variation breeding and conservation. London, Academic Press. 1976. 187 p.
3. CATALAN Z. S. Achiote. Sector público agrario. Departamento de Divulgación Agrícola, Ministerio de Agricultura. Guatemala. 1974. 16 p.
4. CEVALLOS, A. M. Achiote. Dirección de Agricultura y Alimentación. Lima, Peru. 1978. 16 p.
5. CHOPRA, R. N. and KAUR, H. Embryology of *Bixa orellana* L. Phytomorphology 15:211-214. 1965
6. FARFAN, O. M. Algunas ideas sobre el cultivo del achiote. Chacra (Perú) 18(100):49-50. 1966.
7. INGRAM, J. S. and FRANCIS, B. J. The annato tree (*Bixa orellana* L.) a guide to its occurrence, cultivation, preparation and uses. Tropical Science 11(2):97-102. 1969.
8. JANSEN, S. R. El cultivo de la bija o achiote (*Bixa orellana*). Agricultura (República Dominicana) 43(199):5-6. 1953.
9. JOHNSTON, T. D. Achiote una alternativa promisorio para incluir en sistemas del pequeño agricultor. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1977. 63 p.
10. KENNARD, W. C. y WINTER, H. F. Frutas y nueces para el trópico Est. Exp. Federal en Puerto Rico. Mayagüez, Puerto Rico. Publicación miscelánea no.801. 1963. 177 p.
11. LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. San José, Costa Rica. 1968. pp. 449-450.
12. RIVERA DE LEON, S. El cultivo del achiote. Ministerio de Agricultura, Sector Público Agrícola. Guatemala. 1980. 16 p.
13. RIVERO, E. R. El achiote una promesa para El Salvador. El Salvador, Dirección General de Investigaciones y Extensión Agrícola. Circular no.80. 1967.



14. RODRIGUEZ, G. y ENRIQUEZ, G. Estudio preliminar del desarrollo de ramas y la biología floral en *Bixa orellana*. Trabajo preparado para la 1a. Reunión de Achiote. Febrero 1983. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1983. 19 p.
15. ROLLER, J. W. Gifts of the Americas: Annatto Agriculture in the Americas, 7(8-9):119. 1947.
16. SANCHEZ, M. R. El achiote. Agricultura Tropical (Colombia) 21(4)224-227. 1965.
17. SCHERY, R. W. Plantas útiles al hombre. (Botánica Económica). Salvat. Barcelona. 1956. pp. 335.
18. SING, D. T. *et al.* Selecciones prometedoras de achiote para la siembra de pruebas comerciales de Puerto Rico. Río Piedras, Est. Exp. Agrícola. Publicación miscelánea no.61. 1965. 16 p.
19. STEEL, R. G. D. and TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York. 1960. 481 p.

SELECCIONES EN F_1 A PARTIR DE 13 CULTIVARES DE ACHIOTE
EN TURRIALBA, COSTA RICA

Gustavo A. Enríquez*
Antonio Mora**

INTRODUCCION

Entre las plantas cultivadas para la producción industrial de colorantes, el achiote (*Bixa orellana*) es un cultivo que presenta excelentes posibilidades debido a la facilidad de adaptación, los altos rendimientos que se pueden obtener y el beneficio que puede dejar al pequeño productor.

Rara vez se encuentra una plantación comercial organizada de una extensión considerable. La mayoría de las plantaciones están en cercas, caminos, patios o huertos pequeños, que es de donde sale la mayoría de las cosechas de los países productores.

Pocos trabajos se han podido detectar sobre el mejoramiento genético de esta especie. La mayoría de ellos se relacionan con selecciones de plantas a través de poblaciones F_1 , pero no se regresa a la planta original para tratar de aprovechar las características (3,4) deseables sino que se continua con una F_2 no estudiada cuidadosamente.

En El Salvador, Rivero (3), describe cuatro selecciones, resultado de dos años de trabajo, las cuales fueron seleccionadas de un grupo de plantas del Departamento de Cultivos Hortícolas del CENTA. Las plantas fueron seleccionadas por tamaño de la cápsula, la cantidad de pelos, longitud de ellos, número de promedio de semillas por cápsula, color del pigmento, tamaño de la semilla y el porcentaje de pigmento en peso en relación con la semilla.

En Puerto Rico, Sing y colaboradores (4), describen la selección masal de árboles de un grupo de semillas de polinización abierta de la isla y un

* Genetista, Departamento de Producción Vegetal, CATIE, Turrialba.

** Asistente de Campo, Departamento de Producción Vegetal, CATIE, Turrialba.

poco de semilla de México y República Dominicana. Las selecciones se basaron en las características morfológicas generales de las descendencias, tiempo de floración y fructificación, resistencia al mildiú (*Oidium bixae* V.), a la mancha de la hoja y a la gangrena regresiva.

En general, se piensa que las líneas de achioté son poco variables tanto dentro de líneas como entre líneas (4); las selecciones realizadas en Puerto Rico demostraron ser bastante uniformes en sus descendencias, mientras que los estudios de Enríquez y Salazar (2) demuestran que las plantas en Costa Rica producen una descendencia con una enorme variabilidad.

MATERIALES Y METODOS

De un experimento plantado en 1965 en Turrialba, Costa Rica, a 3 x 3,5 metros en un suelo aluvial lacustre, arcilloso, de fase normal (Inceptisol, Typic dystropepts), de drenaje normal a impedido y fertilidad de media a baja (1), se tomaron los datos de producción y características individuales de 208 árboles. El experimento consta de 13 variedades sembradas en el campo como bloques al azar con cuatro plantas por parcela y cuatro repeticiones. Los datos se tomaron por plantas individuales durante dos años consecutivos y fueron: a) rendimiento fresco en peso total de cápsula fresca, b) en 100 cápsulas frescas se pesaron las semillas y se contó el número por cápsula, c) se secó la semilla y se pesó. De estos datos se obtuvo por cálculo, la relación cápsula-grano, porcentaje de humedad del grano, peso promedio de la semilla fresca y seca y la relación cápsula-semilla seca.

Todos estos datos fueron analizados individualmente y sometidos a la codificación de 'scores' (5) respectivos que se establecieron en base a los promedios y a la desviación estándar, asignado en valor variable de acuerdo a la característica. Se sumaron todos los 'scores' de cada árbol y se volvió a aplicar el mismo método de las desviaciones estándar con lo que se establecieron las categorías de selecciones.

Estas selecciones no se pudieron estudiar detalladamente debido a que el programa de mejoramiento fue interrumpido.

RESULTADOS

Las producciones de los años agrícolas (1979-1980) se sumaron y se tabularon (ver Cuadro A-1) considerando como la producción total de cada planta individual. La producción se expresó en kilogramos de cápsula fresca al momento de la cosecha; en algunos casos especialmente en las primeras cosechas realizadas, se incluyeron un poco de cápsulas un tanto secas, pero no se considera importante el pequeño error que se puede acumular por este hecho, especialmente por haber sido unas pocas y completamente al azar.

La incidencia del *Oidium*, calificada en una escala de 5 puntos, se presenta en el Cuadro A-2, transformando a 'escores' establecidos como se explicarán más adelante. No se calificó ninguna planta con 0 por no haber inmunidad, pues aunque fuera en forma muy escasa, siempre se observó algo de infección en las plantas, por consiguiente, esas plantas recibieron la calificación de 1.

Debido al tamaño de la semilla que era muy variable se estudió el porcentaje de agua perdida por la semilla al secarse (aproximadamente 10 a 12% de humedad). Este dato es interesante desde el punto de vista económico, pues en una explotación grande el costo de transportar agua resulta muy oneroso, elevándose los costos en forma muy rápida (ver Cuadro A-3).

La mayor parte de los granos se comercializan en forma seca. En el Cuadro A-4, se resumen los datos del peso promedio de 100 granos secos para cada árbol individual.

Uno de los componentes más importantes del rendimiento es el número de cápsulas que es capaz de producir un árbol. En el Cuadro A-5 se resumen los datos del número estimado de cápsulas que produjo cada árbol, se sumaron las dos cosechas o años agrícolas 79-80 y 80-81.

Otro componente importante del rendimiento es el número de semillas por cápsula (ver Cuadro A-6), del cual depende, en general, el desarrollo (tamaño del fruto) de la cápsula; este es quizá uno de los componentes más críticos, pues depende del número de óvulos que contenga cada ovario y la eficiencia de la polinización.

El otro componente del rendimiento que es muy importante es el peso de las semillas por cápsula (Cuadro A-7) y la relación semilla cápsula, en vista de que esta característica es de importancia económica, por el transporte de material inútil, como es en este caso la cáscara de la cápsula (Cuadro A-8). Este dato se vio algo afectado por la falta de información, es decir, porque el tamaño de la muestra fue muy pequeña para algunos árboles. En todo caso, la mayoría de los árboles (más del 80%) tienen el dato confiable. Aquellos que a nuestro criterio no eran confiables fueron excluidos.

En toda selección de árboles productores, la localización del árbol juega un papel muy importante, ya sea por su competencia o por hallarse localizado en un lugar poco adecuado. En el presente estudio se usó el criterio de la competencia completa o incompleta para la calificación, en vista de que algunos árboles sólo tenían 4 o 5 árboles de competencia, en lugar de los 8 árboles que tiene al estar plantado en marco real como es este caso (ver Cuadro A-9). La codificación se hizo directamente, de acuerdo a la competencia real.

Para cada característica, se fijaron los índices de selección (ver Cuadro 1). Para la producción acumulada se establecieron valores de 0 a 4. El valor de 4 fue asignado a aquellos árboles cuya producción sobrepasó la cifra del promedio ($\bar{X} = 13,35$) más 3 desviaciones estándar ($\sigma = 4,51$). El valor de 3 puntos es asignado a los árboles que tenían entre el valor 26,88 y el promedio más 2 desviaciones. El resto se valorizó de acuerdo al promedio más 1 desviación y luego se valorizó en cero a aquellos árboles con producción por debajo del promedio.

Este parámetro recibió la más alta calificación, puesto que se estimó que fue la característica más importante. El segundo parámetro más importante pensamos que es la resistencia a *Oidium*, por lo tanto se estableció una escala de 0 a 3 para calificar los porcentajes de infección tal como se muestran en el Cuadro 1.

Todos los otros parámetros se clasificaron en función de 3 valores: 0, 1 y 2, dando 2 puntos al valor más adecuado. En el caso del porcentaje de humedad perdida por la semilla, el valor más alto se dio para las semillas que tenían el promedio menos 3 desviaciones estándar y cero puntos a aquellos

Cuadro 1. Obtención de índices seleccionados para cada una de las características estudiadas de achiote, 1983.

Carácter	Índice	\bar{X}	σ	Límite
Producción total (1979-1981) (kg/árbol)	4	13,35	4,5110	$>\bar{X} + 3 \sigma = >26,88$ kg/árbol
	3			$\bar{X} + 2 \sigma = 22,37$ a $26,87$ kg/árbol
	2			$\bar{X} + 1 \sigma = 17,86$ a $22,36$ kg/árbol
	1			$\bar{X} = 13,35$ a $17,85$ kg/árbol
	0			$<\bar{X} < 13,34$
Incidencia de <i>Oidium</i>	3			25%
	2			50%
	1			75%
	0			100%
Porcentaje humedad perdida por la semilla	2	45,19	6,1327	$<\bar{X} - 3 \sigma = <26,79$
	1			$\bar{X} - 2 \sigma = 26,80$ a $32,92$
	0			$>\bar{X} - 1 \sigma = >32,91$
Peso seco de 100 semillas (gramos)	2	2,40	0,5014	$>\bar{X} + 3 \sigma = > 3,90$ g
	1			$\bar{X} + 2 \sigma = 3,40$ a $3,89$ g
				$<\bar{X} + 1 \sigma = < 3,39$ g
Nº cápsulas por árbol	2	3438,53	1125,8205	$>\bar{X} + 3 \sigma = >6816,00$
	1			$\bar{X} + 2 \sigma = 5690,18$ a $6815,00$
	0			$<\bar{X} + 1 \sigma = <5690,17$
Nº semillas por cápsula	2	28,60	5,0488	$>\bar{X} + 3 \sigma = >43,75$
	1			$\bar{X} + 2 \sigma = 38,70$ a $43,74$
	0			$<\bar{X} + 1 \sigma = <38,69$

Cuadro 1. (Continuación)

Carácter	Índice	\bar{X}	σ	Límite
Peso húmedo promedio de semilla por cápsula (gramos)	2	1,39	0,4261	$>\bar{X} + 3 \sigma = >2,67$
	1			$\bar{X} + 2 \sigma = 2,24$ a $2,66$
	0			$<\bar{X} - 1 \sigma = <2,23$
Relación semilla-cápsula (%)	2	51,64	10,3827	$>\bar{X} + 3 \sigma = >82,79$
	1			$\bar{X} + 2 \sigma = 72,40$ a $82,79$
	0			$<\bar{X} - 1 \sigma = <72,39$
Localización	2			Competencia completa
	1			1 o 2 fallas
	0			más de 2 fallas (borde)

mayores del promedio más una desviación estándar.

La localización de las plantas se calificó de la siguiente manera: Dos puntos a aquellas que tenían competencia completa, un punto a las que tenían 1 o 2 fallas y 0 puntos a las que tenían 3 o más fallas.

A continuación se sumaron todos los valores para cada árbol (ver Cuadro 2), obteniéndose valores que fluctuaron de 14 a 0. Estos valores fueron sometidos nuevamente a un análisis de variación y se volvieron a establecer categorías de selecciones (Cuadro 3). Para la categoría A se estableció como límite el promedio de los "escores" ($\bar{X} = 5,15$) más 3 desviaciones estándar ($\sigma = 2,81$), dando el valor de 13,61; solamente dos árboles entraron dentro de esta categoría y son los árboles N° 74 y 131, que pertenecen a las familias: 'Oriente-1' y 'Oriente-2', respectivamente.

Para la categoría B se establecieron los límites del promedio más dos desviaciones estándar lo cual da la cifra de 10,79, es decir, los árboles con una suma de "escores" entre 13 y 11. En esta categoría entraron siete árboles, en su mayoría pertenecientes a las dos familias mencionadas anteriormente y un árbol de la familia 'IICA-5014'.

En el Cuadro 2, se consignan al final, para comparación, los datos de cuatro plantas seleccionadas al azar con los "escores" más bajos, es decir, 1 y 0.

CONCLUSIONES

1. Se hicieron selecciones de achiote utilizando el método de "escores" o índices de selección.

2. Es necesario establecer los límites de selección y los valores para cada planta, de acuerdo al tipo de parámetro y el peso o valoración que el investigador debe darle a cada uno.

Es necesario estudiar la descendencia de estas selecciones con la finalidad de recomendar al agricultor semilla de árboles de poca variabilidad, pues se ha demostrado que hay una gran variabilidad dentro de las descendencias de plantas madres (2).

Cuadro 2. Parámetros en estudio para la selección de cultivares de achiote. 1983

Variedad	Arbol	Producción total	Incidencia <i>Oidium</i>	% Humedad perdida	Peso seco 100 semillas	Nº de cápsulas por árbol	Nº de semillas por cápsula	Peso promedio de cápsulas húmedas	Relación semilla cápsula	Localización competencia	Total
Oriente 1	74	4	3	0	0	1	2	2	-	2	14
Oriente 2	131	4	1	0	0	2	2	2	2	1	14
CATIE - 1	39	4	3	0	0	1	2	2	0	1	13
Oriente 1	119	2	2	0	1	0	2	2	2	2	13
IICA-5014	1	4	3	2	0	2	1	0	0	0	12
Oriente 1	75	4	2	0	0	0	2	2	0	2	12
Oriente 2	95	4	2	0	2	0	0	2	0	2	12
Oriente 1	204	4	1	0	1	0	2	2	0	1	11
Oriente 2	33	4	2	0	0	2	2	1	0	0	11
IICA-5016	183	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
IICA-5015	85	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
IICA-5016	184	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IICA-5016	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(-) No existe dato.

Cuadro 3. Límite de selección para el total de índices. 1983.

\bar{X}	σ	Límite
5,15	2,8228	$\bar{X} + 1 \sigma = 7,97$ $\bar{X} + 2 \sigma = 10,79$ $\bar{X} + 3 \sigma = 13,61$
Selecciones A = >13,61		1,06 % de Selección
Selecciones B = 10,79 a 13,60		
Selecciones C = <10,78		
Total = 4,8% de selecciones		

LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA-CTEI. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1971. 139 p.
2. ENRIQUEZ, G. A. y SALAZAR, L. G. Variabilidad genética del rendimiento y algunas otras características del Achiote (*Bixa orellana* L.). Trabajo presentado en el 1er. Seminario-Taller sobre Achiote, 10-11 de febrero de 1983. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 28 p.
3. RIVERO, E. R. El achiote, una promesa para El Salvador. El Salvador, Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Circular no.80, 1976. p.18.
4. SING, D. T. *et al.* Selecciones prometedoras de achiote para la siembra de pruebas comerciales en Puerto Rico. Río Piedras Estación Experimental Agrícola. Publicación Miscelanea no.61. 1965. 16 p.
5. SORIA, V. J. Obtención de clones de cacao por el método de índices de selección. Turrialba 16(2)119-124. 1966.

Cuadro A-1. Producción total (1979-80, 1980-81) de árboles individuales de 13 tratamientos. Expresado en gramos de cápsula fresca de achiote. 1983.

Arbol Variedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Roja Espinosa	5075	4150	3250	9050	6150	6525	5475	9800	3425	7025	7525	2675	5175	2950	9066	3725
Roja Semi-espinosa	9825	2425	5650	3250	5850	4625	5900	5550	1375	4110	8325	5350	-	15250	6000	8975
GATIE-1	14625	6750	60250	32925	8275	14700	4225	5725	12725	6302	17725	8292	10775	9575	7200	12750
GATIE-2	6950	2975	2225	11150	19275	11375	8175	10750	9050	7975	13475	10725	7250	10950	5325	10150
IICA-5013	10875	13330	12900	13225	21750	10500	34450	24650	20525	16650	20825	18500	21625	23700	20625	19100
IICA-5014	44200	11275	16060	14300	13850	6075	19375	22822	9425	18375	15475	17055	2600	14450	25265	18575
IICA-5015	18800	15259	8400	10350	10775	5200	16775	13475	12150	18475	17625	16900	23250	7025	25400	20550
IICA-5016	2700	6000	2800	5575	9950	7925	4000	23600	3925	2625	2950	2050	5400	3975	6625	9925
Santo Domingo	31375	38050	26275	18500	16500	17650	13350	18125	14279	29595	16775	18725	35075	18875	18100	21000
Oriente 1	14175	12525	28950	19250	18250	30800	41475	15225	19050	24100	21625	14975	-	9400	9745	30850
Oriente 2	64783	8900	3700	3725	12650	10000	27425	1975	5700	3525	40065	-	35325	4225	22575	750
Oriente 3	950	10650	18200	-	-	-	-	-	9344	5250	475	1880	15400	13215	7825	21250
Oriente 5	7400	7250	4200	18775	22575	2690	26050	20575	19657	22843	5223	3500	5425	8375	7600	8915

Cuadro A-2. Grado de incidencia de *Oidium bixae* calificado por árbol en una escala de 0 a 3, correspondiente al 100, 75, 50 y menos de 25% de afección de la planta de achiote. 1983.

Arbol Variedad	Arbol															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Roja Espinosa	1	1	2	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0	1	3
Roja Semi-espinosa	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	-	2	2	2
CATIE-1	3	2	3	0	3	3	1	2	2	0	2	3	1	2	2	3
CATIE-2	3	3	2	1	3	3	1	3	2	2	2	3	3	3	2	3
IICA-5013	2	3	2	2	1	0	1	0	3	3	3	3	1	1	0	1
IICA-5014	3	3	2	3	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1
IICA-5015	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	2
IICA-5016	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Santo Domingo	1	1	1	2	3	1	3	3	3	2	1	1	1	2	2	1
Oriente 1	2	2	2	2	3	3	2	2	1	2	2	2	-	2	1	1
Oriente 2	2	0	-	0	1	2	2	0	0	1	1	1	0	-	2	-
Oriente 3	-	1	0	-	2	-	-	-	1	1	2	0	2	1	0	0
Oriente 5	0	0	0	0	0	-	0	2	1	1	0	0	1	0	0	0

0 = 100%

1 = 75%

2 = 50%

3 = 25%

(-) = sin dato

Cuadro A-3. Porcentaje de humedad perdida de la semilla, estimada por árboles individuales de las trece introducciones de achiote. 1983.

Arbol Variedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	\bar{x}
1	39,69	28,16	57,57	31,13	27,95	26,25	21,45	29,92	33,24	33,73	43,94	59,36	55,52	39,02	57,74	31,16	38,48
2	42,71	28,30	20,63	48,18	27,27	18,52	41,65	23,36	42,63	24,36	36,58	24,54	58,56	-	69,07	48,38	36,98
3	20,15	23,34	60,32	60,72	28,20	34,05	53,64	40,39	43,33	57,38	52,68	32,41	74,72	50,74	54,31	12,22	43,66
4	18,80	29,33	25,58	20,41	18,52	34,67	37,05	32,39	30,36	36,81	21,89	26,79	38,88	44,91	44,68	26,51	30,47
5	22,06	50,00	25,40	27,64	40,43	44,86	50,86	25,92	51,59	41,62	38,19	52,46	30,46	21,38	18,99	45,85	36,73
6	16,09	33,17	54,54	26,22	46,84	-	15,73	41,17	33,86	26,39	30,68	18,87	34,78	48,09	12,38	31,96	31,38
7	17,55	39,18	21,13	32,90	36,12	-	34,97	12,87	44,87	36,95	21,07	32,31	64,52	50,00	25,58	32,76	33,52
8	36,27	31,44	38,00	42,34	54,01	50,59	43,33	25,75	55,09	45,11	45,38	47,81	57,98	42,71	53,78	56,34	45,37
9	54,48	51,89	-	50,00	66,89	68,01	62,22	62,10	63,31	59,85	62,19	63,53	58,25	55,75	64,18	64,83	60,50
10	27,78	53,89	44,38	53,70	51,96	53,33	59,82	51,59	54,64	40,99	56,99	50,68	-	62,50	67,10	58,52	52,52
11	54,77	51,12	60,87	46,35	64,74	35,87	57,73	60,91	60,90	61,13	54,68	-	60,68	68,18	60,51	71,87	58,02
12	73,94	23,66	56,12	-	67,32	-	-	-	66,02	50,00	71,42	47,94	63,31	28,43	62,41	65,09	56,30
13	-	67,08	21,74	65,50	57,92	49,41	61,31	57,53	68,48	64,00	67,49	66,67	-	69,61	62,00	68,96	60,55

Cuadro A-4. Peso seco de 100 semillas expresado en gramos. Experimento Achiote. 1983.

Arbol Variedad																
Roja Espinosa	2,83	2,18	2,10	2,61	2,58	2,53	2,94	1,67	2,32	2,04	2,32	1,92	1,81	2,16	1,83	1,71
Roja Semi-espinosa	2,10	2,11	1,95	0,97	2,47	-	2,45	2,39	2,29	2,13	2,16	2,39	-	1,92	-	2,15
CATIE-1	2,50	2,45	2,88	3,36	2,50	2,59	2,35	2,37	2,11	1,76	2,19	2,32	-	2,07	1,95	2,84
CATIE-2	2,51	2,15	2,55	3,17	2,58	1,99	2,30	2,63	2,94	2,17	-	2,56	2,00	2,07	-	2,29
IICA-5013	3,25	2,38	2,72	2,53	-	3,15	2,57	2,51	2,56	2,46	2,33	2,45	1,76	2,26	2,45	1,72
IICA-5014	2,84	2,58	7,50	2,70	2,42	-	3,08	2,42	2,75	3,27	3,23	-	-	2,20	2,38	2,28
IICA-5015	2,41	2,61	2,36	2,09	1,45	-	1,50	2,43	2,70	2,92	2,44	2,55	-	-	2,93	-
IICA-5016	-	2,55	-	1,42	0,94	1,83	1,52	2,85	1,89	1,84	1,75	1,34	1,26	1,20	1,15	1,21
Santo Domingo	1,90	2,71	-	-	1,52	0,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oriente 1	2,25	2,27	3,08	-	3,39	3,40	3,35	2,59	2,82	3,35	3,64	3,09	-	-	-	8,82
Oriente 2	2,36	2,78	1,60	4,63	0,26	0,54	4,63	2,53	2,51	3,15	2,70	-	2,69	-	2,85	-
Oriente 3	0,78	2,48	1,82	-	3,75	-	-	-	3,66	-	-	3,34	3,26	2,24	2,19	2,81
Oriente 5	-	1,05	-	1,71	3,22	1,67	3,14	3,02	1,48	-	0,65	-	-	-	-	-

Cuadro A-5. Número de cápsulas por árbol. Totales de dos cosechas (1979-1980 y 1980-1981) por árboles individuales de achiote. 1983.

Variedad	Árbol															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	3787,31	2441,18	970,15	4891,89	3514,28	3434,21	2765,15	5600,00	2050,89	4390,62	4134,61	1105,37	2061,75	1439,02	2443,66	2372,61
2	4912,50	1385,71	3228,57	1406,93	2600,00	1622,81	2107,14	2032,97	823,35	2375,72	4428,19	4863,64		4110,51	1421,80	2962,05
3	8309,66	4687,50	6478,49	3638,12	3761,36	4388,06	1362,90	2290,00	7271,43	2647,90	5539,06	7087,18	1937,95	2841,25	2526,31	6375,00
4	3475,00	1983,33	1271,43	8920,00	11014,18	6691,18	4954,54	5375,00	5027,78	4089,74	9489,44	7552,92	3918,92	5214,28	2182,38	5075,00
5	2892,29	2666,00	2544,38	2608,48	5343,98	2470,59	4617,96	7825,40	4258,30	4247,45	5553,33	3162,39	4971,26	6694,91	7236,84	4331,06
6	12628,57	3221,43	3506,55	3864,86	3220,93	2430,00	4558,82	5015,82	2838,85	5585,11	2640,78	6559,61	778,44	4982,76	9392,19	5544,78
7	6266,67	4066,67	3169,81	4140,00	3315,38		4725,35	4614,73	3773,29	5034,06	4662,70	4470,90	4258,24	1399,40	6033,25	5137,50
8	1200,00	2181,82	1018,18	1858,33	2900,87	3013,31	625,00	5552,94	682,61	664,57	967,21	748,17	1471,39	1409,57	1840,28	3211,97
9	7262,73	8608,60		5196,63	2067,67	3715,79	2053,85	3295,45	2016,81	4484,09	931,94	2400,64	5363,15	3145,83	2996,69	3060,34
10	4361,54	3340,00	4288,89	2333,33	2027,78	6222,22	3529,79	1791,18	6927,27	2351,22	2276,31	2154,68		1236,84	1036,70	3292,42
11	9189,08	1141,02	712,91	1293,40	1367,57	759,30	3047,22	170,70	1244,54	913,21	7284,54		3881,87	2485,29	2924,22	416,67
12	227,82	3276,92	3033,33		115,23				1100,59	1944,44	284,43	417,78	1987,10	3552,42	937,12	2428,57
13	740,00	2500,00	2625,00	2262,05	2003,57	287,39	2960,23	2057,50	2054,02	1848,14	612,89	1750,00		861,62	827,89	6367,86

Cuadro A-6. Número de semillas por cápsula, promedio por árboles individuales de achiote. 1983.

Variedad	Arbol																\bar{x}
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	9,90	21,32	16,40	20,00	16,28	24,52	20,98	17,36	25,98	24,94	19,10	26,00	27,60	16,16	25,50	17,50	20,60
2	17,90	26,00	28,70	18,95	26,74		22,62	22,20	25,80	22,56	24,20	18,00		14,80		26,00	22,65
3	26,28	17,04	51,08	43,90	24,70	42,10	18,04	24,00	26,80	21,38	24,50	13,80		28,96	23,60	26,30	27,50
4	25,68	31,20	26,94	22,70	21,00	27,40	27,70	23,20	25,10	29,00		26,56	25,44	26,50		34,16	26,61
5	30,06	42,00	27,86	32,71		12,24	38,05	23,08	24,62	20,30	35,38	27,80	21,36	22,78	27,80	18,12	29,94
6	43,72	29,20	16,67	20,68	19,44		31,38	27,50	23,33	20,00	10,28			35,73	36,00	23,80	25,98
7	17,00	15,40	17,76	20,60	20,06		42,00	21,40	23,44	15,90	34,70	21,20			31,22		23,39
8		36,90		44,74	33,98	14,50	34,60	31,76	38,00	40,74	36,60	32,00	37,52	30,60	31,00	34,00	34,07
9	36,80	29,36			12,34	25,60											26,02
10	37,70	11,00	36,70		43,00	51,80	62,00	42,92	31,54	37,40	53,24	54,00				45,52	42,23
11	48,24	49,98	9,72	9,00	34,00	40,54	29,90	11,63	17,62	7,73	48,04		44,60		29,60		29,28
12	16,67	27,24	36,00	34,67					13,12			20,00	29,66	29,92	37,50	20,60	26,54
13		42,00		35,00	51,50	25,95	42,50	37,90	43,64		38,00						39,56

Cuadro A-7. Peso promedio de semilla húmeda por cápsula, expresado en gramos por árboles individuales. 1983

Variedad	Arbol															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0,51	0,67	1,25	0,74	0,69	0,80	0,77	0,64	0,75	0,76	0,82	1,18	1,12	0,53	1,52	0,55
2	0,59	0,52	0,63	0,93	0,88	0,61	1,01	0,67	0,76	0,78	0,90	0,66		1,15	1,94	1,20
3	0,77	0,65	3,42	3,48	0,89	1,35	0,78	1,02	0,87	0,74	1,29	0,58	1,82	1,02	1,16	0,63
4	0,53	0,66	0,61	0,58	0,66	0,77	0,76	0,88	0,93	0,82	0,64	0,64	0,78	0,81	0,94	0,86
5	1,08	1,78	2,44	2,53	0,92	1,00	1,97	0,68	1,42	0,96	1,15	1,75	0,86	0,68	0,79	1,88
6	1,16	1,06	1,14	0,76	0,95	1,50	1,04	1,25	1,12	1,04	1,89	1,06	1,38	1,60	1,12	1,02
7	0,66	0,91	0,67	0,69	0,73		1,16	0,75	1,30	1,05	1,03	0,98	1,24	1,40	1,38	1,16
8	0,67	0,85	0,85	0,81	0,85	0,59	0,87	1,19	1,76	0,99	0,77	0,89	0,99	1,07	0,95	0,86
9	1,76	1,80		1,40	1,73	2,11	2,70	1,88	3,38	2,64	3,28	3,40	2,06	2,26	2,68	2,90
10	0,99	0,49	1,74	2,43	2,37	3,26	4,58	2,20	1,89	2,23	4,51	2,50		1,76	3,04	3,46
11	2,43	2,41	0,46	1,79	1,32	1,59	3,08	2,19	0,98	0,42	2,86		2,90	0,44	2,36	0,64
12	0,50	0,88	1,75		1,05				1,70	0,80	0,47	0,94	2,55	0,99	2,69	1,69
13	0,40	0,42	1,38	2,61	3,62	1,36	2,89	2,60	3,05	3,00	2,40	1,50		2,04	2,00	0,58

Cuadro A-8. Relación semilla-cápsula $\left(\frac{\text{peso hum. promedio de semilla por cápsula}}{\text{peso hum. de cápsula sin semilla}} \right)$, expresado en % por árboles individuales de achiote. 1983

Arbol																
Variedad																
1	61.44	65.05	59.52	66.67	65.09	72.73	63.64	57.66	81.52	90.48	82.00	95.16	80.67	34.87	69.41	53.92
2	41.84	42.28	56.25	67.39	64.23	27.23	56.42	32.52	83.52	82.10	91.84	150.00		44.92	85.09	65.57
3	77.78	82.28	58.16	62.48	67.93	67.50	33.62	68.92	98.86	45.12	67.54	98.30	48.66	43.40	68.64	45.98
4	36.05	78.57	53.51	86.57	60.55	82.79	85.39	78.57	106.90	72.57	82.05	82.05	72.90	62.79	62.67	75.44
5	40.30	55.28	92.77	99.61	29.21	30.77	35.88	27.53	41.76	33.57	44.23	42.68	24.64	23.78	38.35	74.31
6	49.57	43.44	33.14	25.85	28.36	150.00	32.40	37.88	50.91	46.22	47.60	68.83	70.41	123.08	71.34	43.78
7	28.20	32.04	33.84	38.12	28.97		48.53	34.56	67.71	40.08	37.45	35.00	29.38	38.67	48.76	40.84
8	42.14	44.74	44.74	36.99	32.94	28.92	15.73	38.89	44.11	33.44	33.77	48.11	36.94	61.14	35.85	38.56
9	68.75	68.70		64.81	27.68	79.92	71.05	51.93	91.35	66.67	22.28	77.27	45.98	60.43	79.76	71.43
10	43.80	15.03	34.73	41.75	35.75	192.90	63.88	34.92	219.77	27.80	90.38	56.18		30.14	47.80	58.54
11	52.60	44.71	9.72	164.22	16.64	13.73	52.03	23.35	27.22	12.21	108.33		46.77	34.92	44.03	55.17
12	13.62	37.13	41.18		11.76				25.04	42.10	39.17	26.40	49.04	36.26	47.53	23.94
13	4.17	16.93	627.27	45.87	58.58	17.00	48.90	35.13	46.78	32.05	39.15	300.00		26.56	27.85	70.73

Cuadro A-9. Localización del árbol de achiote con referencia a su competencia con árboles vivos durante el experimento. 1983

Arbol Variedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Roja espinosa	0	-	1	1	2	2	2	2	2	2	1	-	1	1	1	0
Roja Semi-espinosa	0	1	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	-	1	2	2
CATIE-1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	-	1	2	2	0
CATIE-2	2	2	2	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0	2	2	1
IICA-5013	2	2	2	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
IICA-5014	0	0	0	0	2	2	2	1	2	2	2	2	0	2	2	1
IICA-5015	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
IICA-5016	0	2	2	2	1	0	1	1	2	2	2	2	1	2	1	0
Santo Domingo	2	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	2	2
Oriente 1	1	1	1	0	2	2	2	2	1	1	2	2	-	0	1	1
Oriente 2	0	1	-	1	1	2	2	2	2	2	1	-	0	-	0	-
Oriente 3	-	1	1	-	1	-	-	-	1	1	1	-	-	1	-	1
Oriente 5	0	2	2	1	1	-	1	2	1	1	2	2	2	2	1	-

0 = con más de dos fallas o en bordes

1 = con una o dos fallas

2 = competencia completa

(-) = sin dato

Jorge A. Morera M.*

INTRODUCCION

El achiote (*Bixa orellana* L.), pertenece a la familia de las bixáceas y es una planta de ambiente netamente tropical. Se produce tanto en latitudes altas como bajas, desarrollándose mejor en los terrenos bajos. El achiote crece en forma silvestre en muchas áreas tropicales, en algunas de las cuales se aprovecha para fines comerciales (4,5,7,8,9,12).

En los últimos años se ha cuestionado el uso de los colorantes artificiales en los alimentos para consumo humano, razón por la cual en la actualidad el cultivo del achiote ofrece excelentes perspectivas para incrementar la producción y, de esta manera, satisfacer las demandas internacionales (9,10). De ahí que se considere necesario llevar a cabo estudios de fitomejoramiento para asegurar que los materiales seleccionados ofrezcan buenas características agronómicas, fitopatológicas, entomológicas e industriales.

El colorante producido por el achiote es uno de los pocos permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), porque además de no ser tóxico, es insípido y no altera el sabor de los alimentos. Puede además ser empleado en la alimentación animal (2).

Para muchas especies tropicales, particularmente el achiote, el mantenimiento en colecciones vivas representa la única alternativa factible de conservación, debido a que el almacenamiento de semillas en cámaras frías no puede realizarse por mucho tiempo pues su poder germinativo decae rápidamente.

* M.Sc., Unidad de Recursos Fitogenéticos, CATIE, Turrialba.

CLASIFICACION BOTANICA

Esta planta, llamada bixa o bija por los aborígenes caribes, el mundo civilizado la ha conocido desde el descubrimiento de nuestro continente. Con su congénere *Bixa arborea* Huber, del área amazónica, la *Bixa orellana* Linneo comprende el único género de la familia BIXACEAE con una especie cultivada y varias silvestres (6).

Sub-división	Angiosperma
Clase	Dicotiledónea
Orden	Parietales
Familia	Bixaceae
Género	<i>Bixa</i>
Especies	<i>orellana</i> Linneo <i>apatensis</i> Grosscurdy <i>shporiocarpa</i> Triana <i>urucurana</i> Willd. <i>platicarpa</i> <i>azara</i> Ruiz y Pavón (11,12)

La especie *orellana* es la más cultivada y se conoce indistintamente con los siguientes nombres vulgares: "urucú" (Perú, Brasil y Guyana); "anato", "bija", "bijo" (Colombia y Venezuela); "annatto" (Jamaica); "achote" (Panamá); "achiote" (América Central); "achiolt" (México); "anatto" (en Inglés); "rocou" (en Francés) y "arnato" (en Portugués) (3,6,13,14).

DESCRIPCION DE LA PLANTA

El achiote es un árbol bajo, de copa redonda, de rápido desarrollo, alcanza de 3 a 4 m de altura y excepcionalmente puede alcanzar hasta 10m. Su diámetro en la base del tallo puede medir de 20 a 30 cm. Su raíz es pivotante, bien desarrollada.

Las hojas son cordiformes en la base, alternas, agudas en el ápice y lisas por ambas caras, miden de 10 a 20 cm de longitud.

La flores se presentan en panículas terminales, son hermafroditas, blancas o rosadas. Los estambres son muy numerosos; el pistilo es de ovario elipsoidal súpero.

El fruto es una cápsula dehiscente o indehiscente, hemisférica, ovoide, elipsoidal o cónica, con apéndices espinudos largos y suaves en la mayoría de los cultivares, aunque glabros en algunos mutantes del Africa. Las cápsulas son rojas, verdes o anaranjadas en la madurez y contienen de 30 a 60 semillas.

Las semillas se encuentran adheridas a la pared por medio de la placenta y son pequeñas, en forma de pirámide triangular, recubiertas de una capa acuosa de color rojo de la que se obtiene el tinte comercial (7,8,9,12).

ECOLOGIA Y SUELOS

El achiote prospera bien desde el nivel del mar hasta los 1500 m, aunque su crecimiento es más rápido y vigoroso en las partes bajas de la costa, preferentemente en lugares donde la precipitación oscile entre 1000 a 1500 mm y la temperatura fluctúe entre 23 y 30°C con un promedio de 26°C.

El achiote es una planta poco exigente respecto al tipo de suelo, crece bien en suelos desde franco-arenosos hasta arcillosos bien drenados. Los suelos ideales para este cultivo son aquellos ricos en materia orgánica, buen contenido de humedad, planos y formados de aluviones en los márgenes de los ríos, de los cuales se obtienen excelentes cosechas (2,9,10).

AGUA

Es una planta resistente a la sequía. Con mucha frecuencia produce considerables cosechas en condiciones relativamente adversas de suministro de agua. En muchos casos cuando el período es seco, la planta entra en un período de latencia e incluso el árbol presenta una fuerte defoliación como medio de defensa.

Siembras establecidas en condiciones óptimas de humedad producen buenos rendimientos.

PRESERVACION DE GERMOPLASMA

El área de interés de la Unidad de Recursos Fitogenéticos (URF) del CATIE, comprende a México, América Central y algunas islas del Caribe, zona que el científico ruso Vavilov entre 1922 y 1929 definiera como uno de los centros de diversidad fitogenética más importantes del mundo.

Es así como la URF ve la necesidad de recolectar, conservar, mantener, evaluar, documentar y distribuir el germoplasma autóctono (nativo de la zona), así como también aquellas especies exóticas promisorias.

La intensificación de la agricultura ha provocado la reducción de la variabilidad genética al sustituir los cultivares primitivos por otros más avanzados. Además, el empleo de fertilizantes, herbicidas y la extensión de terrenos cultivables, ha traído como consecuencia la desaparición de formas silvestres de las plantas cultivadas, las cuales constituyen una fuente potencial de características para el fitomejoramiento. Estas plantas poseían características ventajosas para el fitomejoramiento, porque mostraban resistencia a plagas, enfermedades y otros factores ambientales disturbantes.

Estrechamente vinculado con el fitomejoramiento, se debe reconocer el fenómeno que se ha dado en llamar "erosión genética", el cual es producto del establecimiento de cultivares sumamente homogéneos.

Actualmente el CATIE, por medio de la URF está conservando 129 introducciones de achiote precedentes de diferentes países de América, cada una de las cuales cuenta con un promedio de cuatro plantas. Una lista parcial o total de estas introducciones será suministrada por el servicio de Documentación de esta Unidad, a las personas que la soliciten.

AMBIENTE

Los datos pedológicos se muestran en el Cuadro 1. Los datos químicos son el resultado del análisis de dos muestras tomadas después de la cosecha, en enero de 1983. Cada muestra de suelo está representada por cinco submuestras a una profundidad de 0 a 20 y 20 a 50 cm.

Los datos meteorológicos promedios, basados en las mediciones de la estación meteorológica del CATIE, se presentan en el Cuadro 2. Las condiciones meteorológicas observadas a través de la época de crecimiento y desarrollo de las plantas, fueron semejantes a los promedios que aquí se presentan.

CONDICIONES DE SIEMBRA

La siembra de las plantas de la colección de achiote se efectuó en diferentes épocas, a saber: mayo de 1978, setiembre de 1978, febrero de 1981 y diciembre de 1981. Las distancias de siembra utilizadas fueron las siguientes: 2m entre plantas y 2,5m entre filas; 3,5m entre plantas y 3,5m entre filas; 4m entre plantas y 4m entre filas.

Cuadro 1. Datos pedológicos*, químicos y físicos** de la colección de achiote (*Bixa orellana* L.) del CATIE. 1983.

pendiente	: 0 a 3 por ciento
erosión	: ninguna
pedregosidad	: 1 a 2 por ciento
drenaje	: moderado
nivel freático	: 90 a 120 cm
textura	: franco arcilloso a arcilloso
profundidad	: moderadamente profunda
reacción de pH	: 4,3 a 4,6
materia orgánica	: 8,4 a 5,7 por ciento
nitrógeno total	: 0,44 a 0,31 por ciento
fósforo disponible	: 8,8 a 1,1 ug/ml suelo
potasio intercambiable	: 0,26 a 0,03 meq/100 ml suelo
magnesio	: 0,76 a 0,68 meq/100 ml suelo
calcio	: 2,6 a 3,8 meq/100 ml suelo
cobre	: 6,6 a 9,7 ug/ml suelo
zinc	: 2,4 a 2,5 ug/ml suelo
manganeso	: 6,6 a 5,3 ug/ml suelo
hierro	: 238 a 255 ug/ml suelo

* Los datos pedológicos representan el estudio hecho por (1).

** Los análisis químicos y físicos fueron realizados por el laboratorio de suelos del CATIE.

- El primer dato corresponde al perfil de 0 a 20cm.

- El segundo corresponde al perfil de 20 a 50cm.

Cuadro 2. Resumen de datos meteorológicos desde 1944 hasta 1982, tomados en la estación meteorológica del CATIE.

Mes	TEMPERATURA (C)					PRECIPITACION (mm)			BRILLO SOLAR (hra.)		RADIACION		HUMEDAD RELATIVA (%)		EVAPORACION (mm)*	
	Promedio		Med.	Absoluta		Prom. Mens.	Max. 24 hr.	Prom. Días con 0.1 mm ó más	Promedio		Mensual cal/cm /mes	Diario cal/cm /día	Prom. Mens.	Diaria Prom.	Tanque A	
	Max.	Min.		Max.	Min.				mensual	diario					Prom. Mens.	Prom. Diario
Enero	25.7	16.3	21.0	31.0	10.0	168.0	164.9	18.4	147.0	4.74	11972	387.2	86.7	86.2	2.8	
Febrero	26.0	16.3	21.2	30.0	10.4	138.2	247.5	15.2	145.3	5.16	12033	429.5	84.7	88.0	3.1	
Marzo	27.0	16.9	22.0	31.5	10.5	70.4	85.4	13.5	159.8	5.13	14526	468.7	84.7	117.4	3.8	
Abril	27.3	17.7	22.5	31.7	11.8	133.0	287.9	15.3	150.2	4.87	14190	470.0	85.0	112.4	3.7	
Mayo	27.6	18.6	23.1	32.0	13.5	219.2	76.5	23.1	149.0	4.84	14280	463.2	86.8	110.7	3.6	
Junio	27.8	18.7	23.2	31.5	15.2	287.2	85.5	22.1	124.2	4.12	12371	417.9	88.8	90.2	3.0	
Julio	27.2	18.5	22.8	30.6	14.1	281.8	114.9	25.4	116.1	3.74	12461	404.6	89.8	80.9	2.6	
Agosto	27.4	18.4	22.9	30.2	14.9	241.9	126.7	24.3	134.0	4.32	13793	445.6	88.8	89.5	2.9	
Setiembre	27.8	18.3	23.0	30.4	14.8	252.0	110.5	22.7	130.4	4.50	13822	462.1	88.1	95.6	3.2	
Octubre	27.5	18.3	22.9	31.0	14.5	245.5	109.2	22.1	139.4	4.68	13891	434.7	88.8	98.0	3.2	
Noviembre	26.5	18.0	22.2	30.1	13.7	283.7	150.3	22.1	125.3	4.17	11696	372.0	89.6	78.2	2.6	
Diciembre	25.8	17.0	21.4	29.9	10.6	322.2	280.3	21.5	132.2	4.18	11666	377.6	88.9	75.3	2.4	
TOTAL	—	—	—	—	—	2643.1	—	245.7	1652.9	—	156701	—	—	—	1114.7	
PROMEDIO	27.0	17.8	22.4	—	—	—	—	20.5	137.7	4.54	—	427.8	87.6	92.9	3.1	

Observaciones en el período: Temperatura 1959-82 (24 años) Radiación 1965-82 (18 años)
 Precipitación 1944-82 (39 años) Humedad R. 1957-82 (24 años)
 Brillo solar 1959-82 (24 años) Evaporación 1968-82 (15 años)

Estación Meteorológica: Lat 9°53' N. Long. 83°38'
 Elevación: 602 msnm

Calculado por: Rafael Salas Rojas

* En los resúmenes de 1964 a 1977 la evaporación fue la del plato al sol. A partir de 1978 fue la del Tanque A.

COMBATE DE MALEZAS

Una vez establecida la plantación, se pueden realizar deshierbas manuales para evitar la competencia con la planta, especialmente en el área donde se localiza la mayor expansión radical. De esta manera, se realizan tantas deshierbas o chapias como sean necesarias dependiendo del desarrollo vegetativo de la planta.

El combate químico se realiza mediante aplicaciones sistemáticas de herbicidas (cada 2 a 3 meses), dependiendo de la incidencia de malezas tales como: zacate cabezón (*Paspalum paniculatum*), bermuda (*Cynodon dactylon*), pará (*Panicum purpurascens*) y otras. Para el combate se utiliza la siguiente mezcla:

<u>Producto</u>	<u>Volumen</u>	<u>Costos</u>
Gramoxone (Radex)	1000 ml	¢ 193,10
Diuron (Lovo - D)	0,75 lbs.	103,50
Adherente (Cafesa sticker)	180 ml	13,00
Agua	189 litros (estación 50 gls.)	
		<hr/>
		¢ 309,60
Total aplicado en la colección (estaciones) = 3,5		1.083,60

FERTILIZACION

Existe muy poca información sobre la fertilización de este cultivo. Se ha dispuesto, en base a algunas recomendaciones y a las características del suelo donde se encuentra la colección, unificar un plan general de fertilización según la edad del árbol (ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Epoca de aplicación de fertilizante y dosis suministrada en gramos, según la edad que presenta la planta en la colección de achiote del CATIE, Turrialba, 1983.

Edad de la planta (Años)	Epoca de aplicación, fórmula aplicada y dosis		
	<u>Abril</u>	<u>Agosto</u>	<u>Diciembre</u>
	Fórmula: 10-30-10 o 12-24-12	Sulfato de Amonio	10-30-10
1	150 gramos	200 gramos	150 gramos
2	200 "	300 "	200 "
3	300 "	460 "	300 "
4	600 "	600 "	600 "

PODAS

Entre las labores culturales que se llevan a cabo en achiote, la poda representa una práctica muy importante en el cultivo.

Las formas de poda aplicadas a la colección son de tres maneras:

1) consiste en eliminar ramas secas, enfermas y de mal desarrollo (chupones); 2) en esta se suprime todo lo que son ramas bajas y brotes centrales, para permitirle mayor entrada de luz y por ende mayor actividad fotosintética; 3) cuando las plantas ya son viejas y agotadas se puede practicar un tipo de poda total con el propósito de renovar nuevos brotes.

Sobre esta última forma de podar se tiene en observación dos tipos de podas que se hicieron: a) poda total a ras del suelo, b) poda total a 50cm de altura de la base del tronco.

Parece ser que la forma b) es la más recomendable, dado que forma un tipo de "seto" con una buena distribución de hijos.

COMBATE DE PLAGAS ^{1/} Y ENFERMEDADES ^{2/}

En la colección del CATIE en Turrialba, se han encontrado varios insectos que, en algunos casos, producen daños de consideración. *Leptoglossus zonatus* (Dallas) fue encontrado en grandes grupos de ninfas en varios estadios alimentándose en forma gregaria de los frutos. *Thigona* sp. ataca brotes nuevos y las venas de hojas tiernas. Se alimentan también de los nectarios en brotes nuevos. Finalmente, una larva no identificada hasta ahora, se encontró dañando las cápsulas. Por el daño producido aparenta ser una plaga de importancia económica. Presenta bastante movilidad y aparentemente se traslada de cápsula en cápsula para atacar. Se alimenta internamente de las semillas dejando el producto comercial altamente degradado.

En relación con enfermedades fungosas, se ha observado que los daños más severos los provoca el "tizón polvoriento", "oidio o mildiu" causado por *Oidium bixae* (Viegas). Este hongo ataca flores, cápsulas, brotes y hojas. No se observa ataques a ramas. Para su combate se utiliza la siguiente mezcla:

- 1) Afugán. 60 a 100 ml de producto formulado en 189 litros de agua (15 días antes de la cosecha suspender aplicación).
- 2) Azufral, Tiovit, Coe-azufre. 1 kg de producto en 189 litros de agua. (No aplicarlo conjuntamente con el caldo bordelés u otros de reacción alcalina).
- 3) Karathane.

Otra de las enfermedades que inciden con menor severidad es la *Cercospora bixae*, la cual se puede combatir con fungicidas cúpricos: Cupravit a razón de 3 g por litro de agua.

1/ Para la identificación de las plagas se contó con la colaboración del Dr. Joseph Saunders del Departamento de Producción Vegetal del CATIE.

2/ En la identificación de enfermedades colaboró la Ing. Irma Laguna, Fito-patóloga del Departamento de Producción Vegetal del CATIE.

LITERATURA CITADA

1. AGUIRRE, ASTE V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación, IICA. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sci., Turrialba, Costa Rica, IICA. 1971. 139 p.
2. BARRETO, C. T. El cultivo del onoto. II Acrive. (Venezuela). 2(20): 9-12. 1974.
3. BUKASOV, S. M. Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia; con suplementos de N. N. Kuleshov y otros. Trad. de la versión al inglés de M. H. Byleveld. Versión al español de Jorge León. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Unidad de Recursos Fitogenéticos. 1981. 136 p.
4. CEVALLOS, B. A. Apuntes sobre el cultivo del achiote (*Bixa orellana* L.); su cultivo, explotación, comercialización e industrialización. Agro (Ecuador) 22(2):22-23. 1977.
5. INGRAM, J. S. and FRANCIS, B. J. The annatto tree (*Bixa orellana* L.) a guide to its occurrence, cultivation, preparation and uses. Tropical Science XI (2):97-102. 1969.
6. JIMENEZ, O. El achiote *Bixa orellana* Linn. Fam. Bixaceae. Revista del Instituto de defensa del Café de Costa Rica. 18(155-156):361-367. 1947.
7. LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, San José, Costa Rica. 1968. pp. 449-450.
8. MORTON, J. F. Can Annatto (*Bixa orellana* L.), an old source of food color, meet new needs for safe dye. Proc. Flo. St. Hort. Soc. 73:301-309. 1960.
9. RIVERA, ERAZO R. El achiote una promesa para El Salvador. 2 ed. Santa Tecla, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. Circular no. 80. 1973. 12 p.
10. RIVERA, S. El cultivo del achiote. Guatemala. Ministerio de Agricultura. 1980. 16 p.
11. SANCHEZ, M. R. El achiote. Agricultura Tropical. (Colombia) 21(4): 224-227. 1965.
12. SOUKUP, J. Las Bixáceas, Coclopermáceas, Frankeniáceas, Elatináceas, Caricáceas, Loasáceas y Begoniáceas del Perú, sus géneros y lista de especies. Biota (Perú). 8(63):125-140. 1970.

13. STANDLEY, P. C. Flora of Costa Rica. Chicago, USA. Field Museum of Natural History. 1937. V.18, part 2 (Botanical Series).
14. THE CULTIVATION of annatto. Farmer (Jamaica) 67(5-6):156-158. 1962.

EL CULTIVO DEL ACHIOTE EN EL CANTON DE AGUIRRE:
EXPERIENCIAS DE UN PRODUCTOR

Francisco Gamboa M.*

Quisiera iniciar esta breve exposición haciendo un poco de historia.

Contaban mis abuelos que a su llegada a Santa Juana, cantón de Aguirre, allá por los años de 1919 y 1920, los pobladores de este lugar ya cultivaban el achiote. La extracción del colorante la realizaban de una manera bastante primitiva y costosa, ya que lo extraían directamente de la cápsula con la ayuda de las uñas de sus manos. Una vez obtenido el producto tenían que venir a pie hasta San José para venderlo, y con el dinero de la venta comprar lo indispensable para poder vivir. El achiote constituía, quizás, la única fuente de ingreso para estas personas.

Con el correr del tiempo se fueron mejorando los métodos de extracción del colorante, hasta que aparecieron las máquinas que permitían extraer las semillas de la cápsula. Este invento trajo como consecuencia un creciente interés por el cultivo, puesto que el trabajo se facilitaba en gran manera.

Grandes fueron las expectativas que despertó el cultivo del achiote entre los productores del cantón. Lamentablemente estas fueron muy efímeras, ya que por los años 1976 y 1977, el mercado nacional se vio saturado con este producto. La oferta superó a la demanda y los precios que pagaban los intermediarios eran ridículos. Fue entonces cuando los productores decidimos formar una Cooperativa para industrializar el producto y obtener así mejores precios. Sin embargo, y pese a la existencia de una Cooperativa, muchos agricultores optaron por cortar o abandonar sus plantaciones pues el cultivo resultaba muy poco atractivo.

Los malos precios por un lado y el incremento de las enfermedades por

* Secretario, Cooperativa Agrícola e Industrial de Productores de Achiote R.L., Quepos, Costa Rica.

otro, son los factores que mayormente han incidido para que los productores paulatinamente hagan abandono de sus plantaciones. Y si esta situación de abandono paulatino persiste por más tiempo, dentro de pocos años no se producirá siquiera el achiote para el consumo nacional. Con esto no quiero decir que los productores no tengamos deseos de producir. Creemos que nuestro deber es producir, pero también creemos que es nuestro deber denunciar las causas que afectan la producción, sobre todo en estos momentos de crisis.

Para muchos agricultores de Quepos el achiote constituye un verdadero aguinaldo, un justo y merecido premio a la ardua labor realizada durante el transcurso del año. Esta es una de las razones por las que el cultivo no ha desaparecido aún de la zona.

Los precios que se han pagado en los últimos dos años son bastante halagadores y han entusiasmado a muchos. Ya se habla incluso de sustituir las plantaciones viejas por otras más jóvenes, más productivas.

Los productores creemos que finalmente se nos está escuchando, puesto que existen instituciones de mucho prestigio como el Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA), que nos están ayudando. Las esperanzas poco a poco están renaciendo entre los achioteros. Esperamos que en esta lucha no se nos deje solos y que se nos suministre asistencia técnica, semillas mejoradas y variedades resistentes a las enfermedades. Además, que se nos asesore en la parte industrial, en el secado de la semilla y en la comercialización del producto.

Las secadoras que se instalaron hace poco tiempo han dado muy buenos resultados. Algunos productores solo están esperando los resultados de algunos proyectos que, como el de las secadoras, se están desarrollando en forma acelerada para tratar de mejorar la situación de este cultivo.

La Cooperativa hasta la fecha ha jugado un papel muy importante en los precios que se le han pagado a los productores y, además, ha contribuido a cambiar la mentalidad de muchos de ellos. Es por esta razón que algunos ya no se dejan engañar por los intermediarios, quienes se han visto obligados a comprar el producto a precios más justos para el agricultor.

La Cooperativa, sin duda alguna, en los pocos años de existencia que tiene nos ha traído muchos beneficios. Otra cosa no podíamos esperar de un ente que se fundó para defender los intereses de los achioteros del cantón de Aguirre.

EL ACHIOTE EN EL CANTON DE HOJANCHA, GUANACASTE

Oscar Campos Ch.*

INTRODUCCION

Durante los años 1977 y 1978, el cultivo del achiote recibió un gran impulso en el cantón de Hojancha. Esto se hizo con el propósito de diversificar la agricultura, pues en ese entonces la mayoría de los productores se dedicaban a la ganadería extensiva, actividad causante de una progresiva desocupación de los habitantes de la zona, mal uso de los suelos, tala de bosques y, por consiguiente, de una constante migración de las personas hacia el Valle Central u otros lugares periféricos.

Conscientes de la gravedad del problema, grupos locales organizados trataron de buscarle soluciones viables. Fue así como vieron en el achiote una buena alternativa para tratar de diversificar la agricultura, reforestar y aprovechar la mano de obra familiar.

La razón primordial por la que se escogió el achiote para incrementar su cultivo, fue porque algunos agricultores manifestaron su interés y, además, porque desde hacía mucho tiempo ya se cultivaba en pequeña escala con buen éxito. De esta manera se inició el proyecto de fomento del cultivo del achiote en Hojancha.

* Administrador, Centro Agrícola Cantonal de Hojancha, Guanacaste.

PLAN OPERATIVO

Para poner en marcha el proyecto, inicialmente se consultó con los propietarios de varias casas comerciales interesados en adquirir el producto y con técnicos del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Estos últimos, aparte de considerar el proyecto como promisorio, recomendaron la siembra de una variedad ecuatoriana que en el pasado fue introducida a la zona desde el Pacífico Central.

El Centro Agrícola Cantonal se encargó, desde ese momento, de la producción de arbolitos por medio de semilla y de brindar asistencia técnica a los productores, quienes sembraron a una distancia de 3x3m, utilizando las curvas de nivel cuando estas se requerían y el sistema de pata de gallo.

PROBLEMAS

El primer problema surgido consistió en que el Sistema Bancario Nacional no dio créditos para financiar las siembras.

La repentina aparición del mildiu, enfermedad causada por el hongo *Oidium bixae* Viegas, sobre todo en plantas pequeñas y lugares sombreados, casi terminó con las esperanzas de muchos agricultores, pues para el combate de esta enfermedad se requería de constantes aplicaciones de productos químicos que elevaban en gran manera los costos de producción.

Tratando siempre de mantener el interés por el cultivo, el Centro Agrícola Cantonal y el Colegio Agropecuario de Hojanca pusieron al servicio de los productores una máquina para facilitar la extracción del colorante y la elaboración de la pasta. Una vez que la pasta estuvo lista se trató de vender en el mercado nacional. Con gran asombro se pudo constatar que este estaba saturado y que los precios que se ofrecían pagar por el producto no compensaban siquiera los costos de producción. Fue entonces necesario vender el achiote en "pesetas" y "cuatros" para que los productores no incurrieran en grandes pérdidas. De esta manera terminó un proyecto que en un principio se consideró promisorio.

CONCLUSION

Considero que el achiote es un buen cultivo para diversificar la agricultura, para reforestar y para generar ingresos a muchas familias. Sin embargo, mientras no exista un adecuado sistema de financiamiento, variedades altamente productoras y resistentes a las enfermedades y canales apropiados de comercialización, el cultivo no podrá desarrollarse y producir los beneficios que todos esperamos.

LO MARAVILLOSO DE NUESTRA FLORA MEDICAMENTOSA

Luis J. Poveda*

Bixa orellana L.

BIXACEAE

Sinón.: *Bixa purpurea* Hort.

Los siguientes son los nombres vernáculos con los que se conoce a la especie *B. orellana* L. en diferentes países y lenguas de América:

- | | | |
|-----------------------------------|---|---|
| 1. Antillas inglesas | : | Annatto |
| 2. Costa Rica | : | Achiote, achote, katshá (Bribri),
krikrá (Brunca), shon-guó (Térraba),
so (Guatuso) |
| 3. Colombia | : | Achote, achiote, onoto |
| 4. Ecuador, Brasil y
Argentina | : | Urucú |
| 5. Guayana | : | Rocou |
| 6. Guatemala | : | Achote, achiote |
| 7. México | : | Amato, achote, achiote, chancanguarica,
pumacoa, urucu |
| 8. Perú | : | Achote, achiote |
| 9. Venezuela | : | Onoto |

* Universidad Nacional Autónoma de Costa Rica, Museo Nacional de Costa Rica (Herbario Nacional), Asociación de Amigos de las Plantas Medicinales (ASAPLAM), San José, Costa Rica.

DESCRIPCION BOTANICA

El achiote es un arbusto o árbol que puede medir hasta 9m de altura. Tiene una corteza parda y su porte es elegante.

Hojas

Son simples, ovadas, enteras, prácticamente glabras, de 8 a 20cm de largo y de 4 a 15cm de ancho, a veces más grandes, con el ápice acuminado y la base truncada o algo acorazonada. Existen variedades con hojas jóvenes pardo rojizas.

Flores

Dispuestas en panículas, con cinco sépalos, imbricados, caducos, rojizos o blancos; de obovales a ovaes y de 2,4 a 2,8cm de largo y de 0,8 a 1,8cm de ancho, redondeados en el ápice. Estambres muy abundantes, lo cual hace que sea una planta altamente polinífera desde el punto de vista apícola.

Fruto

Cápsula ovoide a ovoide-globosa, de 3 a 5cm de largo, con la superficie cubierta de pelos largos, suaves, a manera de espinas, algunas veces tan rígidos que punzan al contacto con la mano. Algunas variedades no poseen estos pelos lo que constituye una ventaja pues se facilita la recolección.

Los frutos se abren en dos valvas, aunque existen variedades que no son dehiscentes, lo que constituye una ventaja para que la luz no desnaturalice el colorante. Su color va del verduzco al amarillento y al vistosamente rojizo.

Semillas

Numerosas, obpiramidales. La testa o tegumento exterior contiene un colorante rojo-amarillo que se extrae corrientemente con agua caliente y del cual se obtiene la bixina, muy cotizada en la industria. Del interior de la

semilla se obtiene la provitamina A que se utiliza para enriquecer ciertos alimentos.

PROPIEDADES MEDICINALES

- a) La raíz se toma durante nueve días contra el asma.
- b) Las hojas se pueden aplicar como cataplasma para aliviar el dolor de cabeza.
- c) La decocción de las hojas se emplea en gárgaras para males de la garganta.
- d) Las semillas se utilizan como antídoto en el envenenamiento con yuca amarga.
- e) La pasta de achiote, mezclada con aceite u otra grasa se pone en las quemaduras .
- f) Si se mezclan 30 gramos de semillas y 100 gramos de aceite de oliva, se hierve la mezcla en baño maría y se aplica fría, esta sirve para curar quemaduras.
- g) La mezcla de 10 gramos de semillas en 300 mililitros de agua se usa en infusión para gargarismos.
- h) Los indígenas en Colombia usan las semillas como afrodisiaco.
- i) En Costa Rica, la decocción en agua de las ramitas con hojas, se ha utilizado para evitar la caída del cabello en humanos. Algunas veces esta acción se potencializa añadiendo ramitas de romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y los conos del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.).

IMPORTANCIA DEL CULTIVO PARA COSTA RICA

Actualmente se está incrementando el cultivo en la zona de Quepos y en Hojancha de Guanacaste con fines agroindustriales. La investigación química está a cargo del Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA) de la Universidad de Costa Rica, que cuenta con el apoyo financiero de la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID). El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), está realizando la investigación agronomica correspondiente. Por lo tanto, es de suma importancia que el

Gobierno de la República apoye y estimule la siembra e industrialización del cultivo.

USOS

La bixina es muy utilizada para teñir quesos, refrescos, arroz, mantequilla y otros alimentos. En la industria de cosméticos se usa mucho en lápices labiales y otros productos.

Nuestros aborígenes, entre otras cosas, lo utilizaban para embadurnar su cuerpo y así evitar el piquete de los mosquitos. Esto sugiere la posibilidad de realizar estudios con el propósito de investigar la repelencia a insectos que muestra el achiote en humanos y eventualmente en plantas. Posiblemente la presencia de un aceite esencial en las semillas sea el responsable de ese efecto repelente^{1/}.

Un aspecto que se debe investigar a fondo es la presencia en las semillas de un alcaloide tóxico. Cuando se utilicen los granos en la alimentación de gallinas ponedoras a fin de colorear las yemas de los huevos, es necesario tener cuidado para evitar daños posteriores a las aves.

BIBLIOGRAFIA MEDICAMENTOSA

A continuación se incluye una pequeña bibliografía sobre el achiote. Para la realización de este trabajo, el autor consultó 201 artículos de diferentes publicaciones. Del total de publicaciones consultadas, únicamente en 31 se hace referencia al achiote.

1/ CALZADA, J. Constituyentes de la semilla de achiote. San José, Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA), Universidad de Costa Rica, 1983. Comunicación personal.

1. AGUILAR GIRON, J. Relación de unos aspectos de la flora útil de Guatemala. 2 ed. Guatemala, Tipografía Nacional. 1966. 383 p.
2. ALVAREZ GONZALEZ, P. Yervas medicinales. México, Editorial y Distribución Mexicana. 1975. 372 p.
3. ARIAS ALZATE, E. Plantas medicinales. 12 ed. s.l. s.e. 1977. 288 p, tomo 2.
4. AUN WEOR, S. Tratado de medicina oculta y magia práctica. 5 ed. San José, Costa Rica, Guía, s.f. 293 p.
5. BALBACHAS, A. y RODRIGUEZ, R. Las plantas curan. 4 ed. Argentina, La Verdad Presente, s.f. 573 p.
6. CECCHINI, T. Enciclopedia de las hierbas y de las plantas medicinales, Barcelona, De Vecchi. 1973. 535 p.
7. CORDERO, A. Manual de medicina doméstica; plantas medicinales dominicanas. Santo Domingo, República Dominicana, Universidad Autónoma. 1978. 490 p.
8. CHERNOVIZ, P. L. Guía médica. París, Imprenta La hure. 1895. 1412 p.
9. DELASCIO CHITTY, F. Aportes al conocimiento de la etnobotánica del Estado de Cojedes. Caracas, Venezuela, Fundación La Salle de Ciencias Naturales. 1978. 126 p.
10. DEL AMO, R. S. Plantas medicinales del Estado de Veracruz. México, Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 1979. 279 p.
11. FERRANDIZ, V. Guía de medicina vegetal. Barcelona, España, Imprenta J. Bilbeny. 1967. 405 p.
12. GARCIA, B. H. Flora medicinal de Colombia. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional. 1974-1975, 3 tomos.
13. JUSCAFRESA, B. Flora medicinal, tóxica, aromática, condimenticia. Barcelona, España, Aedos. 1975. 542 p.
14. LIFCHITZ, A. Plantas medicinales. 2 ed. Buenos Aires, Argentina, s.e. 1968. 253 p.
15. LUNA, A. Cúrese con las hierbas y plantas medicinales. México, Mexicanos Unidos. 1981. 387 p,
16. MANFRED, L. 7000 recetas botánicas a base de 1300 plantas medicinales americanas. Buenos Aires, Argentina, Kier. 1972. 668 p.

17. MARTINEZ, M. Plantas medicinales de México. 2 ed. México, s.e. 1939. 628 p.
18. _____. Plantas útiles de la flora mexicana. México, Botas. 1959. 621 p.
19. MICHOLOWSKI, M. Plantas medicinales del Paraguay. 2 ed. Asunción, Paraguay, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1955. 29 p. Boletín no. 173.
20. MORTON, J. Atlas of medicinal plants of Middle America Bahamas to Yucatan. Illinois, USA, Charles Thomas Publisher. 1981. 1420 p.
21. NUÑEZ, E. Plantas medicinales de Costa Rica y su folclore. San José, Costa Rica, Universidad. 1975. 279 p.
22. OBLITAS POBLETE, E. Plantas medicinales de Bolivia. Cochabamba, Bolivia, Los Amigos del Libro. 1969. 529 p.
23. PEREZ ARBELAEZ, E. Plantas medicinales y venenosas de Colombia. Medellín, Colombia, s.e. 1975. 295 p.
24. _____. Plantas útiles de Colombia. Bogotá, Colombia. Imprenta Nacional. 1947. 537 p.
25. PEREZ CABRERA, R. Sinopsis de medicina vegetal. San José, Costa Rica. Imprenta Borrásé Hnos. 1938. 2.p.
26. POMPA, G. Medicamentos indígenas. 44 ed. España, América. 1977. 341 p.
27. ROIG Y MESA, J. T. Plantas medicinales aromáticas o venenosas de Cuba. La Habana, Cuba, Ministerio de Agricultura. 1945. 872 p.
28. SARKIS, A. y CAMPOS, V. Curanderismo tradicional del costarricense. San José, Costa Rica. Editorial Costa Rica. 1978. 176 p.
29. SARKIS, A. y CAMPOS, V. Medicamentos populares de la Meseta Central y de la zona atlántica. Tesis Lic. Farmacia. San José, Costa Rica, Universidad. Facultad de Farmacia. 1955. 163 p.
30. SREGENTHALER, T. Medicinal plants of Cot de Oreamuno. USA, Associated Colleges of the Midwest. 1978. 67 p. (Mimeografiado).
31. VELEZ-SALAS, F. Importancia de las plantas medicinales para la terapéutica y la economía de Venezuela. Caracas, Venezuela, Litografía y Tipografía Vargas. 1946. 106 p.

NOTA: En la cita que corresponde al número 4, sólo se menciona el nombre vernáculo.

EL MANEJO ELECTRONICO DE DATOS, ¿COMO Y CON QUE FIN?

Carlos Astorga D.*

Para la realización de trabajos con materiales potencialmente útiles (materiales que son considerados como "potenciales fitogenéticos"), es necesario no solo evaluar los ya existentes en las colecciones sino también recibir información de otras instituciones.

Es conveniente que todos los participantes en este seminario se enteren de las actividades de documentación que se están llevando a cabo en la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE y de los servicios que se podrían brindar a los usuarios del sistema. A continuación, quisiera referirme a los trabajos realizados hasta la fecha y a los distintos aspectos involucrados en las actividades de documentación.

La documentación es la actividad dedicada a la recopilación de datos factibles, los cuales son generados por las actividades llevadas a cabo en estrecha vinculación con los "recursos fitogenéticos".

Por datos factibles se debe entender aquellos presentados en forma de matrices, adaptables a cálculos estadísticos o a un manejo matemático, y por consiguiente, fácilmente empleables en medios electrónicos para ser incluidos en la base de datos.

En la documentación se hace necesario el desarrollo de una terminología (idioma), con la cual se facilite el manejo de los datos. De esta manera, es posible hacer uso de un vocabulario comprensible y además, de prescribir las reglas para la presentación de los grados de expresión de las características.

La manifestación de las características se expresa tomando en cuenta los "descriptores" y los "estados del descriptor". Los "descriptores" son la noción para llamar a las características, las cuales se presentan en un

* Documentalista, Unidad de Recursos Fitogenéticos, CATIE.

momento determinado del ciclo del cultivo.

Los "estados del descriptor" representan el grado de expresión de la característica, y pueden ser verbales o codificados. La codificación se emplea para uniformar la expresión de las características que se manifiestan en forma cualitativa, dando un sentido estricto y generalizado de cómo se percibe el fenómeno en un momento determinado.

En la codificación de los "estados del descriptor" (expresión de la característica), se emplea la escala de 1 a 9, y esta se puede usar en forma continua o discontinua. En la forma discontinua se cuenta con seis ejemplos disponibles y fácilmente empleables (Ver Cuadro 1).

Los signos "0" (cero), "+" y "X" se emplean para hacer notar si la característica se presenta o no y de qué forma. El significado de estos signos es el siguiente:

- 0 = "ausente"
- + = "presente"
- X = "irregular"

Otra forma de expresar los "estados del descriptor" para aquellas características que se presentan en forma cuantitativa, es por medio de términos absolutos. En este caso se emplean el sistema CGS (Centímetro, Gramo, Segundo), los números absolutos cuando estos sean necesarios, o bien la forma de porcentajes.

En relación con la expresión de los colores y formas de frutos, hojas y otras, se sugiere, para el caso de colores, el empleo de códigos preestablecidos en las tablas de colores, y, para las formas, el uso de una terminología latina, la cual es más estable y no conduce a malas interpretaciones.

En la evaluación de materiales potenciales en relación con el ataque o presencia de enfermedades y plagas, se dispone del uso de la siguiente nomenclatura:

- H = "hipersensible"
- I = "inmune"
- R = "resistente"
- S = "susceptible"
- T = "tolerante"

Cuadro 1. Ejemplos para el uso de códigos numéricos con características expresadas continuamente

Código Nº de ejemplos	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	I	Muy bajo	Muy bajo a bajo	Bajo	Bajo a intermedio	Intermedio	Intermedio a alto	Alto	Alto a muy alto
II	Muy bajo	-	Bajo		Intermedio	-	Alto	-	Muy alto
III	-	Muy bajo a bajo	-	Bajo a intermedio	-	Intermedio a alto	-	Alto a muy alto	-
IV	-	-	Bajo	-	Intermedio	-	Alto	-	-
V	-	-	Bajo	-	-	-	Alto	-	-
VI	Muy bajo	-	-	-	Intermedio	-	-	-	Muy alto
VII	Muy bajo	-	-	-	-	-	-	-	Muy alto

Fuente: Seidewitz, L. 1976.

El uso de esta terminología facilita la observación de los distintos materiales y permite evaluar la forma en que estos responden ante la presencia de agentes bióticos extraños, particularmente de plagas y enfermedades, las cuales pueden ser limitantes para el desarrollo del cultivo.

Para el manejo de datos se hace necesario conocer la terminología empleada o empleable. En el primer caso, la terminología se utiliza para introducir los datos al sistema de documentación (base de datos) y en el segundo caso, para hacer uso de los datos contenidos en los medios electrónicos y facilitar así su recuperación.

Para la correcta utilización de la terminología y de la base de datos, y con el objetivo de contribuir a la compatibilidad entre las distintas instituciones dedicadas a esta actividad con "materiales fitogenéticos", se debe elaborar un "tesauro" en el cual se incluya la terminología o vocabulario seleccionado para la presentación de datos factibles a la base de datos.

Dentro de las funciones que deberá cumplir el "tesauro" se incluyen: a) establecer la terminología admitida en la comunicación; b) reducir la terminología a un mínimo razonable y evitar los sinónimos para alcanzar una generalización entre los idiomas, describiendo y prescribiendo en forma racional la terminología empleada; c) facilitar la comunicación entre los distintos idiomas; d) contribuir al establecimiento de términos claves en la caracterización de publicaciones.

Las reglas sobre la terminología consisten en hacer un uso racional de los "descriptores" y "estados del descriptor", con el propósito de garantizar la compatibilidad de datos factibles. Así, se garantiza la inclusión de los datos en la base de datos y posterior diseminación a otras bases sin sufrir ninguna transformación.

De acuerdo con lo que se ha dicho, si se hace un uso adecuado de la presentación de los datos, el sistema puede proporcionar la obtención de análisis estadísticos, relaciones matemáticas y otros, hasta el punto de llegar a editar gráficos, siempre y cuando se utilice la forma tabular para la presentación de los datos.

BASE DE DATOS Y SUS COMPONENTES

En relación con la organización de los datos, la unidad fundamental o mínima que se conoce es el archivo, el cual conserva el esqueleto en forma tabular y, a su vez, está compuesto por dos elementos. En el primer elemento se encuentran los registros, los cuales se orientan en sentido horizontal y contienen todos los datos que se refieren a un mismo individuo, es decir, todas aquellas características que fueron evaluadas o que son de interés particular. El segundo elemento es el denominado campo (columna), el cual se orienta en forma vertical dando origen a columnas. Aquí se agrupan aquellas características comunes para todos los individuos evaluados y se hacen evidentes las diferencias o similitudes entre ellos.

En el encabezado de cada campo se ubica el "descriptor" y dentro del campo se encuentran los "estados del descriptor" para darle la configuración exacta al archivo.

Con el establecimiento de archivos en los medios electrónicos (computadora), los cuales pueden referirse a un mismo cultivo, evaluaciones llevadas a cabo en diferentes épocas, o bien cuando se trata de cultivos afines por su utilidad, se facilita la constitución de un banco de datos.

Para el manejo de los bancos de datos se ha confeccionado un sistema de codificación en el que se agrupan los cultivos por su utilidad. De esta manera es posible localizar rápidamente la información deseada para un cultivo determinado.

Al establecerse los bancos de datos conteniendo archivos de distintos cultivos, estos no quedan aislados, sino que por el contrario, se agrupan para constituir la base de datos, la cual se encuentra manejada por la computadora y disponible para cuando el usuario lo crea conveniente. La base de datos sirve también para responder a distintas solicitudes concernientes a resultados obtenidos en evaluaciones de un cultivo determinado, y para contribuir al intercambio de datos con otras bases dedicadas a esta actividad.

El sistema proporciona la facilidad de poder combinar dos o más archivos. Para llevar a cabo esta labor se utiliza un procesador que sigue el "modelo

de relaciones". El procesador electrónico fue desarrollado por la casa IBM y comercialmente está disponible como producto "QBE" ("Query By Example"). Este modelo sugiere que cada archivo debe contener por lo menos un campo en común con los demás archivos.

En el caso concreto de la base de datos, se han establecido como vinculadores para el desarrollo del modelo de relaciones los siguientes aspectos: a) número de introducción; b) género de cada introducción; c) campos comunes en los archivos a combinar.

Una vez establecido el vinculador común en los archivos, se procede a seleccionar los campos que el usuario desea relacionar. Así, es posible crear un nuevo archivo con los datos de interés para el usuario. Para el caso particular de esta base de datos, el vinculador más utilizado es el número de introducción que se le asigna a cada una de las muestras recibidas, ya sean estas de material vegetativo o de semillas.

Conociendo los principios básicos bajo los cuales se desarrolla la base de datos, es conveniente mencionar las actividades que se pueden realizar con ella. Para esto tomaremos el achiote como ejemplo específico.

Sirviéndonos del modelo de relaciones, se pueden agrupar dos o más archivos para obtener la información seleccionada; de esta manera se podrá obtener toda la información deseada. A continuación se detallan todos los datos concernientes al achiote, los cuales se han obtenido por la vinculación de distintos archivos. De esta manera se demuestra como el sistema facilita la realización de todas estas labores.

En el cultivo de *Bixa orellana* L. (achiote), el primer archivo corresponde al denominado "Index Seminum", el cual contiene el número de introducción, la clasificación taxonómica, el nombre común del cultivo, el número de recolección, los "acronimios" (siglas) de los recolectores y otros datos. El segundo archivo que se obtiene por vinculación, proporciona la procedencia de los materiales así como el mes y el año en que fueron obtenidos. La obtención de los materiales pudo haber sido por recolección, por intercambio con otras instituciones o por donaciones. El archivo de localización nos muestra cuál es la ubicación de las plantas en las colecciones vivas y el número de plantas que incluye cada número de introducción. En

los Cuadros 4 y 5 se muestra la sumatoria total y el promedio correspondiente a cada campo. En el Cuadro 3 se puede observar la vinculación de varios archivos. Finalmente, en el Cuadro 6 se aprecia la vinculación de los Cuadros 3 y 4 para mantener en un solo archivo los datos que se están evaluando.

El fin principal de este sistema consiste en llevar a cabo un manejo de datos en forma económica, rápida y eficiente, a fin de mantener la información actualizada y disponible para los usuarios que deseen hacer uso de ella.

Cabe advertir que los datos incluidos en los Cuadros 2, 3, 4, 5 y 6, han sido copiados a máquina para facilitar su lectura, ya que los listados originales son confeccionados por la computadora.

Cuadro 2. Lugar de procedencia, mes y año de introducción a Turrialba de diferentes muestras de achiote. 1983

BIXA	CATIE	GENE	ESPECIE	PAIS	PROVINCIA	LUGAR	MES	AÑO
000029	Bixa	orellana	HDR	Atlántida	Tela		04	1944
005013	"	"	-	-	-		00	0000
005014	"	"	-	-	-		00	0000
005015	"	"	-	-	-		00	0000
005016	"	"	-	-	-		00	0000
005331	"	"	CO	Santander	El Valle		08	1976
005334	"	"	USA	Hawaii	Universidad de Hawaii		09	1976
006041	"	"	GSA	-	-		11	1976
006165	"	"	CR	Alajuela	-		12	1976
006195	"	"	GCA	-	-		12	1976
006196	"	"	GCA	-	-		12	1976
006276	"	"	USA	Hawaii	Honolulu		01	1977
007229	"	"	PA	Herrera	Los Pozos		07	1977
007252	"	"	PA	Herrera	Llano Grande		07	1977
007259	"	"	PA	Los Santos	La Legua		07	1977
007354	"	"	PA	Veraguas	Cañazos		07	1977
007355	"	"	PA	Veraguas	Cañazos		07	1977
007366	"	"	PA	Veraguas	Cañazos		07	1977
007384	"	"	PA	Veraguas	Cañazos		07	1977
008087	"	"	ELS	San Miguel	-		11	1977
008088	"	"	MEX	-	Chapingo		11	1977
008305	"	"	CR	Alajuela	Desamparados de San Mateo		03	1978
008700	"	"	GCA	El Quiche	Sacapulas		07	1978
008977	"	"	CR	Cartago	Urasca de Cachí		10	1978
009000	"	"	CR	Alajuela	Desamparados		11	1978
009012	"	"	CR	Guanacaste	Paso del Tempisque		11	1978
009013	"	"	CR	Guanacaste	Arado de Carrillo en Santa Cruz		11	1978
009527	"	"	CR	Guanacaste	Playa del Coco		01	1979
009772	"	"	CR	Cartago	Tuis de Turrialba		07	1979
009808	"	"	CR	Puntarenas	La Peñita en Punta Burica		09	1979
009850	"	"	PE	Lima	La Molina		09	1979

Cuadro 3. Localización de plantas de achiote en las parcelas de la colección del CATIE, Turrialba. 1983.

BIXA	CATIE	GENE	ESPECIE	PARCELA	HILERA	PLANTA
	013341	<i>Bixa</i>	<i>orellana</i>	1	6	1
	013342	"	"	1	7	1
	006041	"	"	5G	1	1- 2
	006165	"	"	5G	1	6- 9
	009013	"	"	5G	10	1- 4
	009527	"	"	5G	10	5- 7
	009808	"	"	5G	10	8-10
	009850	"	"	5G	10	14-16
	010707	"	"	5G	10	12-13
	009851	"	"	5G	11	1- 3
	010019	"	"	5G	12	4- 6
	010020	"	"	5G	12	7- 9
	010868	"	"	5G	13	10-12
	006195	"	"	5G	2	7-10
	006196	"	"	5G	2	11-12
	012891	"	"	5G	4	33
	006276	"	"	5G	5	24-27
	007229	"	"	5G	5	18-19
	007252	"	"	5G	5	20-23
	008088	"	"	5G	5	3- 8
	012889	"	"	5G	5	32-39
	005331	"	"	5G	6	17-20
	005334	"	"	5G	6	21-24
	007354	"	"	5G	6	5- 8
	007355	"	"	5G	6	1- 4
	007366	"	"	5G	6	9-12
	007384	"	"	5G	6	13-16
	012890	"	"	5G	6	29-32
	007259	"	"	5G	7	1- 4
	008087	"	"	5G	7	11-14
	008305	"	"	5G	8	5- 8
	008700	"	"	5G	8	1- 4
	012879	"	"	5G	8	9-12
	011989	"	"	6G	14	8-12
	011940	"	"	6G	15	1- 7
	012100	"	"	6G	16	1- 6
	012115	"	"	6G	16	7-12
	011002	"	"	6G	2	7- 6
	013135	"	"	6G	20	8-12
	011387	"	"	6G	3	1- 6

Cuadro 4. Fecha de evaluación (día, mes, año), anchura y altura en cm, de plantas de achiote localizadas en la colección del CATIE, Turrialba. 1983.

AAB	A	C	D	ACP	ACY
001	6	5	82	191	225
002	13	5	82	193	235
003	21	5	82	194	247
004	27	5	82	194	257
005	2	6	82	200	275
006	11	6	82	200	275
007	17	6	82	205	275
008	25	6	82	215	290
009	1	7	82	215	290
010	9	7	82	220	304
011	16	7	82	220	305
012	23	7	82	225	305
013	30	7	82	225	305
014	13	8	82	225	305
015	20	8	82	225	310
016	28	8	82	225	310
017	3	9	82	225	310
018	10	9	82	225	310
019	20	9	82	225	310
020	24	9	82	225	310
021	4	10	82	225	310
022	8	10	82	230	310
023	15	10	82	230	310
024	22	10	82	230	310
025	20	10	82	230	310
026	5	11	82	230	310
027	12	11	82	230	310
028	22	11	82	225	300
029	26	11	82	225	300
030	3	12	82	225	300
031	10	12	82	235	295
032	3	1	83	235	295
033	10	1	83	235	295
034	17	1	83	235	295
035	20	1	83	236	295
AAB =	35				
ACP =	7728.0000000		220.80000000		
ACY =	10298.0000000		294.22857143		

AAB = Número de introducción
A = Día de evaluación
C = Mes de evaluación

D = Año de evaluación
ACP = Ancho de la planta en cm
ACY = Altura de la planta en cm

Cuadro 5. Anchura, grosor y longitud en cm de 25 cápsulas de achíote recolectadas en una fecha de cosecha en una sola planta localizada en la colección del CATIE, Turrialba. 1983.

AAB	AAH	AAJ	AAT
001	4,0	2,8	1,8
002	4,2	2,8	1,8
003	4,0	2,6	1,7
004	4,5	2,9	1,9
005	4,0	2,8	1,8
006	4,2	3,1	1,8
007	4,4	3,0	2,0
008	4,1	2,5	1,8
009	4,3	2,8	1,7
010	3,4	2,8	1,8
011	4,5	2,7	1,8
012	4,3	2,8	1,9
013	4,3	2,8	1,7
014	4,1	2,8	1,7
015	4,3	2,9	1,8
016	4,1	2,9	1,7
017	4,3	2,8	1,8
018	3,5	2,7	1,9
019	4,0	3,0	2,0
020	3,9	2,8	1,7
021	4,0	2,9	2,1
022	4,0	2,8	1,7
023	4,0	2,7	1,9
024	3,9	2,8	1,8
025	3,6	2,6	1,7
AAB = 25			
AAH = 101.90000000	- 2.07600000		
AAJ = 70.10000000	- 2.80400000		
AAT = 45.30000000	- 1.81200000		

AAB = Número de introducción
AAH = Longitud de la cápsula en cm
AAJ = Ancho de la cápsula en cm
AAT = Grosor de la cápsula en cm

Cuadro 6. Vinculación de datos evaluados en un solo archivo. 1983.

OBS	LAR	ANC	GRU	TAL	FAT
1	4,0	2,8	1,8	191	225
2	4,2	2,8	1,8	193	235
3	4,0	2,6	1,7	194	247
4	4,5	2,9	1,9	194	257
5	4,0	2,8	1,8	200	275
6	4,2	3,1	1,8	200	275
7	4,4	3,0	2,0	205	275
8	4,1	2,5	1,8	215	290
9	4,3	2,8	1,7	215	290
10	3,4	2,8	1,8	220	304
11	4,5	2,7	1,8	220	305
12	4,3	2,8	1,9	225	305
13	4,3	2,8	1,7	225	305
14	4,1	2,8	1,7	225	305
15	4,3	2,9	1,8	225	310
16	4,1	2,9	1,7	225	310
17	4,3	2,8	1,8	225	310
18	3,5	2,7	1,9	225	310
19	4,0	3,0	2,0	225	310
20	3,9	2,8	1,7	225	310
21	4,0	2,9	2,1	225	310
22	4,0	2,8	1,7	230	310
23	4,0	2,7	1,9	230	310
24	3,9	2,8	1,8	230	310
25	3,6	2,6	1,7	230	310

LAR = Longitud de la cápsula en cm.

ANC = Ancho de la cápsula en cm.

GRU = Grosor de la cápsula en cm.

TAL = Ancho de la planta en cm.

FAT = Altura de la planta en cm.

LITERATURA CONSULTADA

1. SEIDEWITZ, L. Thesaurus for the international standardization of gene bank documentation. 2 ed. Braunschweig, Völkensrode, F.R. Germany. 1976. 250 p.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones emanadas de los participantes se resumen en los siguientes tópicos de interés general:

1. Aspectos económicos.
2. Investigación química e industrial.
3. Investigación hortícola (Fisiología-Agronomía).
4. Investigación fitogenética.

1. Aspectos Económicos

a) Solicitar a las instituciones estatales encargadas de promover las exportaciones de productos agropecuarios, la búsqueda de mercados potenciales para el achiote.

b) Establecer sistemas apropiados de comercialización que beneficien directamente al productor y que no permitan la especulación del producto.

c) Realizar estudios acerca de la comercialización de los subproductos derivados del achiote y su posible demanda tanto en el mercado interno como en los mercados externos.

d) Realizar estudios sobre los costos de producción y disponibilidad de mano de obra en diferentes regiones del país aptas para el cultivo.

2. Investigación Química e Industrial

a) Estudiar las condiciones apropiadas de almacenamiento en las diferentes etapas del proceso industrial.

b) Estudiar, en detalle, la composición química y el valor nutritivo del grano, con el propósito de incorporarlo en la dieta de aves y otros animales.

c) Diseñar y confeccionar una máquina eficiente y barata para la extracción de las semillas de la cápsula.

d) Diseñar y confeccionar, de ser posible, una planta para la extracción de bixina y de aceite.

e) Investigar los posibles usos del colorante en la industria de cosméticos, productos alimenticios y otras.

3. Investigación Fitogenética

a) Que el CATIE, por medio de la Unidad de Recursos Fitogenéticos, se encargue de explorar, recolectar y conservar en "colecciones vivas", la variabilidad genética del género *Bixa*.

b) Que se realicen estudios de caracterización y evaluación de los materiales actualmente disponibles en las colecciones del CATIE, a fin de seleccionar aquellos que puedan ser utilizados en futuros programas de mejoramiento genético.

c) Que el CATIE, conjuntamente con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), contribuyan al establecimiento de un programa de mejoramiento genético con el propósito de obtener materiales más promisorios.

d) Que las instituciones involucradas en la investigación, dirijan sus esfuerzos hacia la obtención y evaluación de híbridos y clones.

4. Investigación Hortícola (Fisiología-Agronomía)

a) Establecer las curvas de pérdida de bixina y de aceite, en relación con el tiempo de almacenamiento y el ambiente al cual se almacene la semilla.

b) Establecer la variabilidad existente tanto de bixina como de aceite dentro de la especie.

c) Estudiar la influencia de la altitud y del clima (precipitación) en los contenidos de aceite y bixina.

d) Investigar la utilización de la madera como fuente de energía.

e) Completar los estudios acerca de la biología floral, a fin de aprovecharlos en el mejoramiento del cultivo.

f) Investigar a fondo la influencia de los insectos en la polinización.

g) Estudiar las características nutricionales del grano de polen.

h) Determinar las áreas apropiadas para el cultivo y la zonificación de las variedades recomendadas.

i) Investigar las plagas y enfermedades del cultivo así como los métodos para su combate.

j) Investigar los mejores métodos de combate de malas hierbas.

k) Estudiar más a fondo la propagación por medio de estacas, injertos, acodos y cultivo de tejidos.

l) Estudiar la asociación del achiote con otros cultivos de interés para el productor.

ll) Estudiar la asociación entre los insectos benéficos (por ej. *Apis mellifera*) y el achiote.

m) Estudiar diferentes sistemas de poda y la respuesta de las plantas a ella.

n) Investigar los requerimientos nutricionales del cultivo así como las distancias de siembra apropiadas.

Además de las recomendaciones anotadas. los participantes consideraron las siguientes:

a) Que se establezca un banco de datos con el propósito de facilitar la obtención de materiales que posean características deseables.

b) Suministrar asistencia técnica a los productores y pedir, a las instituciones encargadas, se lleve a cabo una eficiente labor de extensión agrícola, a fin de mejorar la situación del cultivo en las regiones productoras.

c) Solicitar a las instituciones del estado encargadas de financiar las actividades del sector agropecuario, el otorgamiento de créditos que contribuyan a la renovación de las plantaciones existentes y a la ampliación de las mismas.

d) Producir manuales, tanto técnicos como para los agricultores, que contribuyan a la difusión de la tecnología disponible y de aquella que se genere en el futuro.

Al clausurar este evento, me veo en la necesidad de expresar a todos ustedes el más profundo y sincero agradecimiento por la participación activa, tanto en las conferencias como en las inquietudes que han dejado planteadas. Quiero hacer extensivo el agradecimiento a los colaboradores de la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE.

Nuestro especial agradecimiento a los funcionarios del Centro de Investigación en Productos Naturales, CIPRONA, de la Universidad de Costa Rica, especialmente a su Director Dr. José Calzada, por su valiosa colaboración en el análisis químico de las muestras de achiote. Esperamos que esta colaboración continúe en el futuro y pueda ampliarse con otros cultivos de interés económico. Al mismo tiempo, deseamos ampliar la colaboración con otras instituciones, a fin de que podamos realizar un trabajo conjunto que beneficie a todos los sectores involucrados en el proceso de producción.

Esperamos que de este seminario se puedan derivar conclusiones y recomendaciones que permitan hacer pensar, no solamente a aquellos que tienen la responsabilidad del proceso productivo, sino también a aquellos que tienen en sus manos la decisión política para dar un impulso vigoroso a cultivos que, como la *Bixa*, representan una alternativa de producción para muchos agricultores.

Creo que este tipo de eventos son sumamente importantes porque ellos permiten el intercambio de experiencias y de conocimientos entre los participantes. Por esta razón, quisiera dejar planteada la inquietud de realizar en el futuro cercano, otro u otros eventos similares a este en los que se destaque la importancia de las plantas medicinales, especias y frutales. La Unidad de Recursos Fitogenéticos con mucho gusto contribuiría a su realización.

Por el interés mostrado por todos y cada uno de ustedes en este seminario, y por el enorme potencial que exhibe un cultivo como el achiote, puedo asegurar sin temor a equivocarme, que los esfuerzos emprendidos tiempo atrás no solo por la Unidad de Recursos Fitogenéticos del CATIE, sino también por instituciones como el CIPRONA, MAG, CONICIT, CITA, COOPEFRUTA y otras, darán su fruto en un futuro cercano.

Para concluir, quisiera enfatizar en la importancia que tiene la investigación agronómica para el futuro desarrollo de este cultivo. Esta investigación deberá incluir necesariamente, aspectos fundamentales como por ejemplo, los sistemas de poda, las distancias de siembra, la fertilización, el estudio de las enfermedades y las plagas y los métodos de propagación vegetativa. Considero que el fitomejoramiento es un aspecto fundamental que contribuirá en gran manera al desarrollo y promoción del cultivo. De allí que se haga urgente realizar mejoramiento genético, si lo que se quiere es impulsar el cultivo tanto en regiones tradicionales como en aquellas que muestren potencial para ello. La búsqueda de materiales promisorios la deberán realizar todas aquellas instituciones interesadas en la producción agrícola, cuya meta sea la de mejorar las condiciones socioeconómicas y culturales de los agricultores.

Reitero una vez más nuestro agradecimiento a todos ustedes.

Muchas gracias.

ANEXO

LISTA DE PARTICIPANTES

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE)

Lothar Seidewitz
Jorge A. Morera M.
Carlos Astorga D.
Martín Mora R.
Guadalupe Gutiérrez
Julio Salazar D.
Jorge Arce P.
Gustavo Enríquez
Eddie Salazar
Luis Gmo. Salazar

CENTRO DE INVESTIGACION EN PRODUCTOS NATURALES (CIPRONA)

José Calzada A.
Aurelia Avila R.
Gustavo Granados L.
Rafael Ocampo S.

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (CITA)

Ricardo Quirós M.

CENTRO AGRICOLA CANTONAL DE HOJANCHA

Oscar Campos Ch.

COOPEFRUTA, R. L.

Solmar Largaespada M.
Francisco Gamboa M.
Dagoberto Zumbado Z.

CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y TECNOLOGICAS (CONICIT)

Jaime Raigosa

COMPANÍA INDUSTRIAL McMILAN

Moisés Herrera F.
Guillermo Oreamuno B.

ESTUDIANTES DEL PROGRAMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO CATIE-UCR

Orlando López B.
Luis Guillermo Ramírez
Gerardo Rodríguez R.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (MAG)

José Matthey F.

PROYECTOS ECONOMICOS, S.A.

Pedro Oliva M.
Rafael Díaz

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE COSTA RICA (UNA)

Luis J. Poveda A.

AGENCIA INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO (AID)

Donald R. Fiester (Participante extraordinario)

Publicación del CATIE

Unidad de Recursos Fitogenéticos

Edición de 400 Ejemplares

Turrialba, Costa Rica, Enero de 1984.