

AVANCES EN EL MEJORAMIENTO GENETICO DE LA SOYA EN COSTA RICA: CIGRAS-1 VARIEDAD SIN LIPOXIGENASAS, PARA EL CONSUMO HUMANO¹

Fausto Camacho, Enrique Villalobos ²/**

RESUMEN

CIGRAS-1 es una variedad de soya sin lipoxigenasas 2 (SBL2) y 3 (SBL3) que fue desarrollada en el Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica. Esta nueva variedad se originó del cruce que se realizó en 1989, entre la variedad brasileña IAC-8, que se ha cultivado por varios años en Costa Rica y la variedad Kanto-101, que es originaria del Japón y que se adapta pobremente en latitudes tropicales, pero carece de las SBL2 y 3. Las generaciones segregantes fueron sometidas a un proceso de selección visual y detección de lipoxigenasas, en la Estación Experimental Fabio Baudrit. Las líneas seleccionadas por ausencia de SBL2 y 3 y mejores características agronómicas se incluyeron en varias pruebas comparativas de producción y comportamiento agronómico en diferentes localidades del país en 1996 y 1997. La presencia de lipoxigenasas en las semillas de soya ha sido asociada con el olor y sabor a "rancio", característico de esta especie. Tres genes dominantes simples (Lx1, Lx2 y Lx3) determinan la presencia de las SBL1, 2 y 3, respectivamente. La ausencia de la SBL2 es suficiente para mejorar considerablemente, las características sensoriales de la soya y sus productos. La variedad CIGRAS-1, además de carecer de las SBL2 y 3, alcanzó una producción similar o ligeramente menor que aquella de la variedad IAC-8, en ambientes adversos y en condiciones climáticas favorables, respectivamente. Esta variedad ha mostrado una alta resistencia a las enfermedades más comunes de esta leguminosa en el país, una alta resistencia al volcamiento y una adecuada

ABSTRACT

Advances in soybean improvement in Costa Rica: CIGRAS-1 a soybean variety lacking seed lipoxigenases, for human consumption. This soybean variety lacking lipoxigenases 2 (SBL2) and 3 (SBL3) was developed at the Grain and Seed Research Center (CIGRAS), of the University of Costa Rica. CIGRAS-1, was selected from the cross made in 1989, between the brazilian variety IAC-8, well adapted in Costa Rica and KANTO-101 from Japan, poorly adapted to tropical latitudes but free of seed SBL2 and 3. Segregating populations were subjected to a selection process and lipoxigenase detection tests at the Fabio Baudrit Experiment Station. Selected SBL-2 and 3 lines were included in several yield trials in different locations of the country in 1996 and 1997. The presence of lipoxigenases in soybean seeds has been associated with the typical "beany" flavor of this legume. Three dominant single genes (Lx1, Lx2 and Lx3) are responsible for the presence of SBL1, 2 and 3, respectively. Elimination of SBL2 has been considered enough to substantially improve soybean flavor. Variety CIGRAS-1, besides of lacking SBL2 and 3, reached a seed production similar or slightly lower than IAC-8, when grown in adverse or favorable environments, respectively. On the other hand, this variety has shown high resistance to most common soybean diseases, high lodging resistance and an adequate height at first pod. CIGRAS-1 offers a great alternative for local human consumption or to be exported to countries where soybean consump-

1/ Recibido para publicación 7 de julio de 1997.

2/ Autor para correspondencia.

E-mail: enriquev@cariari.ucr.ac.cr

*

Centro para Investigaciones en Granos y Semillas,
Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

inserción de las vainas inferiores. La variedad CIGRAS-1 ofrece una gran alternativa para el consumo humano o para la exportación a países donde el consumo de esta leguminosa es parte de la cultura y donde se paga un premio adicional de aproximadamente 5% por la ausencia de lipoxigenasas. Esta variedad se registrará, para su protección, bajo la marca CIGRAS, con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación de la UCR.

INTRODUCCION

Las lipoxigenasas son enzimas que catalizan la hidropoxidación de los ácidos grasos poliinsaturados en plantas, animales y microorganismos. En las plantas superiores, los principales sustratos para las lipoxigenasas son los ácidos grasos linoleico y linolénico. En algunas semillas como la soya, con grandes cantidades de lipoxigenasa y ácido linoleico, la reacción de hidropoxidación produce el aldehído hexanal en cantidades muy pequeñas (aproximadamente 5 ug/g), pero suficientes para inducir el sabor y el olor indeseables en la semilla (Hildebrand 1989, Siedow 1991). Este sabor "afrijolado", "rancio", "amargo", etc. como se le ha denominado en la literatura, es uno de los factores limitantes de mayor importancia para el uso de la soya en el consumo humano. De ahí que uno de los principales objetivos de los fitomejoradores de la soya en los últimos años, ha sido eliminar las lipoxigenasas presentes en las semillas.

En la semilla de soya se han descubierto al menos tres isoenzimas lipoxigenasas y han sido designadas SBL1, SBL2 y SBL3 (Hildebrand 1996). La presencia de las tres isoenzimas se atribuye a alelos dominantes simples, los que han sido designados con los símbolos Lx1, Lx2 y Lx3, respectivamente (Shibata 1996). Las 3 isoenzimas son proteínas monoméricas globulares con un peso molecular entre 94000 y 97000 y pueden separarse por sus características físicoquímicas (Christopher et al. 1972). Algunos investigadores como Camacho (1994) han desarrollado procedimientos

rápidos y baratos para detectar los diferentes tipos de lipoxigenasas presentes en las semillas de soya, con base en la capacidad de las 3 isoenzimas para blanquear los carotenos a diferente velocidad, mediante oxidación. Procedimientos más sofisticados que involucran electroforesis, son poco prácticos para trabajar con poblaciones segregantes grandes.

La SBL3 es la isoenzima más abundante en la semilla de soya, si se toma como base la cantidad de proteína presente, le sigue la SBL1 en una cantidad ligeramente inferior y finalmente la SBL2, que es la menos abundante. No obstante, la SBL2 posee la más alta actividad específica de las 3 enzimas, por lo que, en términos de actividad, las 3 isoenzimas están presentes en proporciones similares, típicamente (Kitamura 1984).

Un muestreo realizado en los bancos de germoplasma de soya en Japón y en los Estados Unidos, permitió identificar 2 introducciones lx1, una lx2 y dos lx3 (Hildebrand y Hymowitz 1981, Kitamura 1984). Usando como base estos materiales se han desarrollado cultivares que carecen de alguna de las 3 isoenzimas y cultivares dobles recesivos lx1, lx3 y lx2, lx3. No obstante, debido a que los loci lx1 y lx2 aparecen estrechamente ligados, fue mucho más difícil desarrollar cultivares lx1, lx2 o triple recesivos (Hildebrand et al. 1988). Wilson (1996) informa del desarrollo reciente de cultivares doble recesivos lx1, lx2 y triple recesivos en Japón y en los Estados Unidos.

Las lipoxigenasas pueden inactivarse a temperaturas altas y de esta manera evitar la formación de los compuestos volátiles que in-

tion is part of the culture and where an additional premium (ca. 5%) is paid for soybean seed lacking lipoxxygenases. This variety will be registered, for protection, under the brand "CIGRAS", with the support of the Vice-Presidency of Research at the University of Costa Rica.

ducen el olor y el sabor indeseables. No obstante, las temperaturas altas que se requieren para inactivar las lipoxigenasas también insolubilizan las principales proteínas de la semilla de soya, reduciendo así su valor nutricional (Wolf 1975). Precisamente, el valor de las semillas de soya que carecen de lipoxigenasas reside en que brindan el mismo efecto beneficioso en las características sensoriales de la leche de soya y sus derivados, sin necesidad de sacrificar la calidad nutricional de los productos, mediante la desnaturalización de otras proteínas con el calor (Pfeiffer et al. 1992). No obstante, pruebas sensoriales comparativas, realizadas por Wilson (1996) con tofu producido con soya tradicional (con lipoxigenasas) y con una variedad SBL-2, empleando el método convencional que requiere calentar la leche de soya recién preparada a 95°C, dieron una ventaja al tofu preparado con la soya SBL-2, en color y sabor. Esta investigación también puso en evidencia que la sola eliminación de la SBL2 es suficiente para mejorar sustancialmente el sabor y el olor de los productos de soya.

El desarrollo de variedades de soya sin algunas lipoxigenasas en Costa Rica, no solamente abre nuevas alternativas para el consumo humano de la soya, sino que crea oportunidades para la exportación a países donde el uso de la soya para la producción de alimentos humanos cobra cada vez más importancia. La soya con remoción parcial de lipoxigenasas se vende a un precio más alto en el mercado de los Estados Unidos (Wilson 1996). Estas conside-

raciones nutricionales y económicas fueron la base para dar inicio a un programa de mejoramiento genético de la soya en el CIGRAS, del cual se deriva la información que se presenta en este artículo.

MATERIALES Y METODOS

La variedad CIGRAS-1 se obtuvo del cruce de la variedad IAC-8 X KANTO-101, (las características de estos dos cultivares y de CIGRAS-1 se presentan en el Cuadro 1). El cultivar IAC-8 fue desarrollado en el Instituto Agronómico de Campinas, en Brasil. En Costa Rica se cultivó comercialmente a finales de los años 70 e inicio de los 80, con resultados de regulares a buenos, según las condiciones climáticas prevalecientes. A partir de 1984 se suspendieron las siembras comerciales de soya en el país, pero aún se conserva semilla de este material. El IAC-8, junto con el cultivar Júpiter, constituyen las únicas 2 variedades de soya aceptadas por la Oficina Nacional de Semillas (Montero 1987).

El cultivar KANTO-101, fue desarrollado en la Estación Agrícola de Chushin, Nagano, Japón. Se introdujo en Costa Rica para fines de aprovecharlo en mejoramiento genético. Esta variedad fue desarrollada para latitudes nórdicas (35-40). Por efecto del fotoperíodo en Costa Rica florece prematuramente y la planta crece alrededor de 20 cm, pero tiene características organolépticas y tipo de semillas deseables para consumo humano, lo que hace que sea una bue-

Cuadro 1. Algunas características descriptivas de los cultivares IAC-8, KANTO-101 y CIGRAS-1.

	KANTO-101	CIGRAS-1	OAC-8
Progenitores	Bragg x F7051	Tohoku no. 74 x PI86023	IAC/8 x KANTO/101
Altura de planta (cm) ¹	70	20	60
Peso de 100 semillas (g)	20	28	26
Color de testa	Amarilla	Amarilla	Amarilla
Color de hilum	Negro	Amarillo	Café
Color de la flor	Púrpura	Púrpura	Púrpura
Color de pubescencia	Dorado	Gris	Dorada
Resistencia a virus ²	No	Sí	---
% de proteína	36.3	40	38.3
Lipoxigenasas	SBL1, 2 y 3	SBL1	SBL1
Sabor	"afrijolado"	No afrijolado	No afrijolado
Grupo de madurez ³	IX	III	VIII

1 Altura de la planta promedio en diferentes localidades de Costa Rica.

2 Resistencia a razas existentes en Japón de mosaico común de la soya.

3 Según su comportamiento en Alajuela, Costa Rica.

na fuente de germoplasma para fines de mejoramiento genético (Chushin Agricultural Experimental Station 1988).

El cruce de IAC-8 x KANTO-101 se realizó en 1989 en la Estación Experimental Agrícola de Chushin, Nagano, Japón situada a 37.7° latitud norte, 135° 55' longitud este y a una altitud de 740 msnm.

Se realizó un avance de generaciones de la F1-F6 en la Estación Experimental Fabio Baudrit, en Alajuela, Costa Rica, a 10° latitud norte, 84° longitud oeste.

La semilla F1 que se cosechó en Japón en 1989, se sembró en diciembre de 1990. La generación F2 se sembró en 1991 y consistió de una población de más de 700 plantas de las que se seleccionaron aquellas con mejores características agronómicas para producir la generación F3. La presencia de lipoxigenasas se evaluó en semillas individuales de plantas sobresalientes de la generación F3. Se seleccionaron aquellas plantas 1x2, 1x3 que además mostraron más de 40 cm de altura y más de 45 días a floración, peso de semilla (más de 20 g/100 semillas) y otras características que usualmente se asocian a la soya para consumo humano.

La presencia de lipoxigenasas se evaluó siguiendo el procedimiento de Camacho (1994) que se describe posteriormente en este capítulo.

Las semillas 1x2, 1x3 se sembraron dos veces consecutivas en 1992, pudiéndose sembrar la segunda ocasión a planta por surco, lo cual permitió seleccionar un número alto de líneas en forma visual.

En 1993, el número de líneas 1x2, 1x3 (F6) se redujo a 13; esto mediante una segunda evaluación más exhaustiva para la detección de lipoxigenasas. En esta ocasión se evaluó la presencia de estas isoenzimas muestreando los surcos individualmente. En agosto de ese año las 13 líneas se sembraron en Alajuela y en Liberia, con el fin de realizar una nueva selección visual más rigurosa. El 1 de junio de 1994, las seis mejores líneas SBL1 (F7) se sembraron en Alajuela, con la variedad IAC-8 como testigo, para evaluar la producción de los materiales. Esto permitió seleccionar dos líneas (F8), evidentemente superiores a las demás en producción de semilla y otras características agronómicas. Dos siembras consecutivas más, una en 1994-95 y otra en 1995, en la Estación Experimental Fabio Baudrit permitieron corrobo-

rar que las 2 líneas seleccionadas en 1994 eran realmente superiores, aunque debido a la baja germinación, no fue posible medir la producción de semilla. No obstante, esto permitió obtener suficiente semilla (F10) para llevar a cabo las pruebas comparativas en 1996 y 1997, en diferentes regiones del país.

PRUEBAS REGIONALES

En 1996-97 se realizaron pruebas regionales con líneas F11, en diferentes localidades del país: Liberia y Filadelfia, (Guanacaste), en la Estación Experimental Fabio Baudrit y en la Fortuna de San Carlos (Alajuela). En Liberia y en la Estación Fabio Baudrit la siembra se inició a mediados de agosto. En Filadelfia (Hacienda El Viejo) la siembra se inició en setiembre, por lo que se usó riego suplementario por gravedad. En la Fortuna de San Carlos la siembra se inició la primera semana de enero. El experimento en Liberia se perdió por efecto del herbicida preemergente metribuzin. Los datos de precipitación pluvial en las tres localidades se presentan en la Figura 1.

Se usó un procedimiento estándar para realizar pruebas comparativas de cultivares de soya y que fue empleado por el International Soybean Program de la Universidad de Illinois en sus evaluaciones internacionales de material genético. Este procedimiento usa un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Cada repetición consiste de cinco surcos de 5 m de longitud, separados en esta oportunidad a 50 cm entre sí y con una densidad de siembra de aproximadamente 240000 plantas/ha. La parcela útil consistió de los 3 surcos centrales a los que se eliminó 0.5 m de cada extremo. En todos los casos se usó la variedad IAC-8 como control, por ser uno de los progenitores y por ser una variedad recomendada por la Oficina Nacional de Semillas. Se agregó a la siembra 5 quintales/ha de fertilizante 12-24-12 y la semilla se inoculó con *Rhizobium japonicum* a razón de 0.5 g/100 semillas aproximadamente; esta aplicación se hizo inmediatamente antes de la siembra. Para el control de malezas se utilizó una mezcla post-emergente de los herbicidas fluozifop-butil y acifluorfen en las dosis recomendadas.

Las características que se evaluaron fueron: días a la floración, número de nudos a la flo-

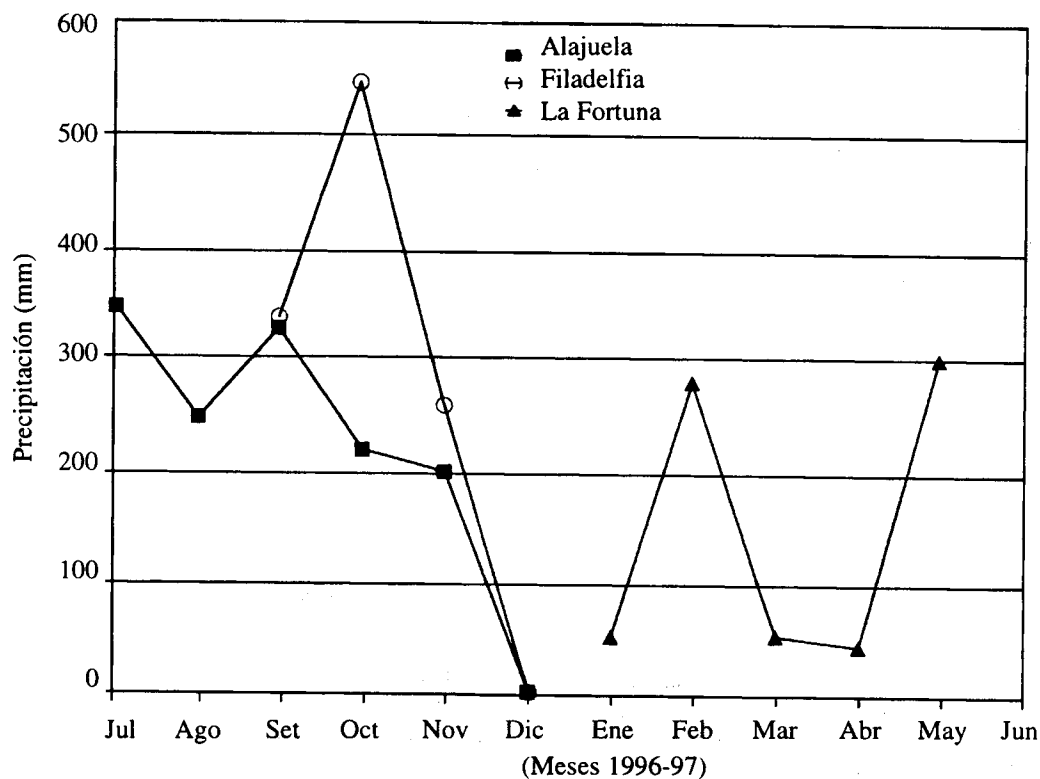


Fig. 1. Datos de precipitación correspondientes a las diferentes épocas y sitios donde se realizaron ensayos de soya, durante 1996 y 1997.

ración, altura de la planta a la cosecha, número de nudos a la madurez, altura de inserción de las primeras vainas, volcamiento, producción de semilla/ha y peso de 100 semillas, las dos últimas a 12% de humedad. Además, se hizo una descripción de algunas características cualitativas de los genotipos como el color de la flor, el color de la pubescencia y del hilum. Los materiales fueron constantemente supervisados por su respuesta a enfermedades y plagas. También se confirmó la presencia abundante de nódulos, aunque este aspecto no se incluyó como una variable individual.

DETECCION DE LIPOXIGENASAS

La detección del tipo de lipoxigenasas se realizó mediante la técnica de decoloración de carotenos crudos extraídos de zanahoria *Daucus carota*, (Camacho 1994). Este procedimiento consiste en obtener una solución concentrada de carote-

noides (cruda, sin purificar) en acetona, la que se diluye unas diez veces en agua destilada, quedando una solución de β -carotenos con una absorbancia de 0.85. La decoloración de esta solución ocurre en forma diferencial según el tipo y combinación de lipoxigenasas presentes en la semilla de soya, lo que permite su identificación (Cuadro 2).

PROCEDIMIENTO

A 90 ml de agua destilada se le agregaron 10 ml de extracto crudo de β -carotenos hasta lograr una solución diluida con 0.85 de absorbancia.

En un vial de 5 ml se agregan 2 ml de solución diluida de carotenoides y unos 10 mg de semilla de soya. Se agita el vial durante unos 20 seg y se deja en reposo. Esta solución se decolorará más o menos rápido de acuerdo con el tipo de lipoxigenasas presentes en la semilla según se aprecia en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Determinación de lipoxigenasas en semilla de soya con la técnica de decoloración de β -carotenos crudos (sin purificar).

Tipo de lipoxigenasas presentes	Tiempo de decoloración (aproximado)
L1L2L3	05 min
L1L2	15 min
L2	15 min
L1L3	60 min
L1	12 h

Tomado de Camacho (1994).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Es importante aclarar que en las pruebas comparativas para evaluar producción y algunas características agronómicas se usaron 14 genotipos: 2 líneas CIGRAS 1x1,1x2; IAC-8, "Padre" y 10 líneas CIGRAS con lipoxigenasas, que se evaluaron por su producción de semilla más bien para uso industrial y forrajero. En los cuadros que se presentan en esta publicación, solamente se compara la mejor línea (variedad) CIGRAS para consumo humano, con IAC-8 que es una de las variedades progenitoras. La otra variedad progenitora de CIGRAS 1 (KANTO-101) no se incluyó en las pruebas comparativas, porque es de reconocida precocidad y baja productividad en Costa Rica. De esta manera, los resultados son más evidentes para el lector. Los datos correspondientes a las líneas CIGRAS para uso agroindustrial se publicarán junto con datos que se obtendrán en evaluaciones futuras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relevancia del cultivar CIGRAS-1 se debe, fundamentalmente, a que éste no posee lipoxigenasas SBL2 y SBL3 en sus semillas. Esta peculiaridad, indiscutiblemente, le otorga un gran potencial para el consumo humano, pues este material da productos para la alimentación humana que no requieren de un calentamiento previo de la leche de soya, procedimiento que reduce el valor alimenticio por desnaturalización de proteínas (Pfeiffer et al. 1992). Por otra parte, el hecho de que las variedades de soya con la remoción parcial de lipoxigenasas se cotizan en el mercado internacional a un precio más alto que el de la soya corriente, abre también expectativas de exportación para nuestros agricultores. En los Estados Unidos esta diferencia de precio es aproximadamente \$13/t métrica (Wilson 1996).

Claro está que obtener una variedad de soya altamente productiva usando material de Japón como progenitor, cual es el caso de la variedad KANTO-101, es poco probable, debido a su gran precocidad cuando se siembran en condiciones de días cortos. No obstante, la variedad CIGRAS-1, cuando se sembró en Alajuela (Cuadro 3), floreció a los 51 días y mostró una producción, que, aunque un poco más baja que aquella del cultivar IAC-8, fue bastante aceptable. Cabe resaltar además, que este cultivar es altamente tolerante al volcamiento, característica en la cual aventaja a su progenitor IAC-8. El peso de la semilla y

Cuadro 3. Producción y comportamiento agronómico de la variedad de soya CIGRAS-1 en comparación con la variedad testigo IAC-8, producida en diferentes localidades de Costa Rica.

	Alajuela ¹		Filadelfia ²		La Fortuna ³	
	IAC-8	CIGRAS-1	IAC-8	CIGRAS-1	IAC-8	CIGRAS-1
Producción (kg/h)	4496a*	3740ab	2197	2167	2669	2600
Días a floración	52	51	37	37	40	38
Nudos a floración	9.8	9.5	8.3b	9.3a	10a	10a
Días a madurez	112a	109b	92	92	91.3a	89b
Altura de planta (cm) 83.0a	70.6b	61a	54b	83a	65b	
Acame (escala 1-5)	2.7a	1.0b	1.0	1.0	1.0	1.0
Altura de vaina (cm) 26.4a	20.2b	24	25	27.5a	25a	
Nudos a madurez	12	12.6	12.4	12.0	10	10
Peso de 100 semillas (g)(12% humedad)	23.2a	28.2b	13.9	15.8	20.0b	24.3a

1 Estación Experimental Fabio Baudrit, Alajuela, bajo condiciones climáticas normales. Agosto- Diciembre, 1996.

2 Hacienda El Viejo, Filadelfia, Guanacaste, bajo condiciones de inundación temporal. Setiembre 1996- Enero 1997.

3 Finca Agua Azul, La Fortuna de San Carlos, Alajuela, bajo condiciones de sequía durante el llenado de vainas. Enero- Abril, 1997.

4 Las letras indican las diferencias ($\alpha=0.01$) entre los promedios para cada variable según la prueba LSD.

5 1= plantas erectas; 5= plantas completamente acostadas

la inserción de las primeras vainas, probablemente heredada del cultivar IAC-8, también merecen resaltarse como características deseables en CIGRAS-1.

En condiciones adversas (Filadelfia y la Fortuna, Cuadro 3), la productividad de la variedad CIGRAS-1 resultó menos afectada que aquella de la variedad IAC-8. En Filadelfia, Guanacaste, se presentó una fuerte inundación durante el llenado de las vainas, que se manifestó en una evidente deficiencia de nitrógeno, la cual fue corregida apenas parcialmente (según cambios en la coloración del follaje) con la adición de 150 kg/ha de urea. Lógicamente, un cultivar con crecimiento determinado, que no produce nuevas flores, aprovecha menos el nitrógeno aplicado durante la etapa reproductiva que uno indeterminado, que sí puede compensar los efectos detrimentales del estrés, mediante la producción de nuevas estructuras reproductivas. La deficiencia del nitrógeno inducida por los torrenciales aguaceros y el período de casi 3 días de inundación total de la parcela experimental, también se manifestó en el peso tan reducido de la semilla (Cuadro 3). Nótese que en relación con el peso de la semilla que los 2 genotipos mostraron en Alajuela, éste apenas representa aproximadamente 60%, en los 2 cultivares.

En la Fortuna de San Carlos, se presentó el déficit hídrico al final del llenado de las vainas (Figura 1). Este efecto no fue tan serio en CIGRAS-1, quizá porque su precocidad le permitió "escapar" de los efectos detrimentales del estrés sobre el tamaño de la semilla. No obstante, si se compara el tamaño de la semilla que se obtuvo en La Fortuna con aquella de Alajuela (Cuadro 3), la sequía ocasionó una reducción de 14%, tanto en IAC-8 como en CIGRAS-1. La Fortuna de San Carlos es una zona apropiada para producir soya, no obstante, la siembra debe realizarse en las primeras semanas de diciembre, para obtener una cosecha de buena calidad en marzo. Nótese que en el mes de abril, prácticamente no llovió en esa región.

Nuestra experiencia en el uso de la soya para consumo humano no es amplia por razones de formación profesional, sin embargo, el deseo de encontrar un uso directo de esta leguminosa por parte de campesinos y estudiantes de las zonas donde se llevan a cabo estos experimentos de campo y las experiencias que se han logrado con personas interesadas en el valor nutricional de la

soya, han llevado a realizar demostraciones que persiguen un uso directo y sencillo de esta leguminosa. La leche producida con soya SBL1 posee características sensoriales que facilitan su aceptación, fundamentalmente, un olor y un sabor que la asemejan a la leche de vaca hervida. Algunas personas, especialmente aquellas mejor informadas del valor nutricional de la soya, han continuado elaborando recetas muy sencillas y han consolidado la aceptación de la soya a nivel familiar. Evidentemente, este no es un objetivo específico de este trabajo pero sí un objetivo a largo plazo que nos hace sentir optimistas por las respuestas preliminares adquiridas.

La eliminación de las SBL2 y 3 de las semillas de CIGRAS-1 le confieren a este material una mejoría sensorial considerable y un mayor potencial desde el punto de vista nutricional, puesto que con este material no se requiere calentar la leche de soya y desnaturalizar otras proteínas importantes, como se discutió antes. Algunos autores (Wilson 1996) han demostrado que la simple eliminación de la SBL2 es suficiente para mejorar considerablemente las características organolépticas de los productos como el tofu. Más aún, algunos autores (Wilson 1996) han demostrado que la eliminación total de las lipoxigenasas de las semillas origina productos que son demasiado blandos o insípidos para el paladar de aquellas personas acostumbradas a consumir productos de soya. Wilson también presenta evidencia de investigadores que han confirmado que la eliminación de las 3 isoenzimas puede poner en evidencia la astringencia oculta (por las lipoxigenasas), de la semilla de soya. También se ha especulado (Wilson 1996) que la presencia de al menos una lipoxigenasa podría ser beneficiosa para blanquear la harina del trigo, cuando se usa en mezclas.

Esta variedad es un material probablemente único en el trópico y estaría protegida para su explotación comercial bajo la marca CIGRAS, derechos que podrán ser adquiridos en la Unidad de Transferencia de Tecnología de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

La variedad CIGRAS-1 se cruzó con plantas F2 provenientes del cruce de "Padre" X "Duocrop" y ha generado varias líneas que están siendo evaluadas en varias localidades del país y que son promisorias por la combinación de una alta productividad con la ausencia de lipoxigenasas en sus semillas.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro agradecimiento al personal docente y administrativo de la Estación Experimental Fabio Baudrit; al MSc. Rafael Montero y al personal auxiliar de la Sede Regional de Liberia; al M.Sc. Eithel Vallejos y al personal de campo de la Finca Santa Cruz; al Ing. Agr. Fermín Subirós y al personal auxiliar de investigación de la Hacienda El Viejo en Fildelfia, Guanacaste; y a los hermanos Rojas, de la Finca Agua Azul de La Fortuna de San Carlos, por su excelente y oportuna colaboración durante la ejecución del trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- CAMACHO, F. 1994. Características agronómicas y determinación de lipoxigenasas en una población segregante de soya adaptada al trópico. Tesis M.Sc. Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Universidad de Puerto Rico. 88 p.
- CHRISTOPHER, J.P.; PISTORIUS, E.K.; AXELROD, B. 1972. Isolation of a third isozyme of soybean lipoxigenase. *Biochim. Biophys. Acta* 284:54-62.
- CHUSHIN AGRICULTURAL EXPERIMENTAL STATION. 1988. Annual Report, Soybean Breeding Section, Shiojiri, Nagano, Japan. 80 p.
- HILDEBRAND, D.F. 1989. Lipoxigenases. *Physiologia Plantarum* 76:249-253.
- HILDEBRAND, D.F. 1996. Genetics of soybean lipoxigenases. In *Lipoxigenase and lipoxigenase pathway enzymes*. Ed. by G.J. Piazza. AOCS Press, Champaign, Illinois, USA. p. 33-38.
- HILDEBRAND, D.F.; HAMILTON, T.R.; LEGG, C.S.; BOOKJANS, G. 1988. Plant lipoxigenases: occurrence, properties and possible functions. *Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology* 7:201-219.
- HILDEBRAND, D.F.; HYMOWITZ, T. 1981. Two soybean genotypes lacking lipoxigenase-1. *J. Am. Oil Chemist's Soc.* 58:583-586.
- KITAMURA, K. 1984. Biochemical characterization of lipoxigenase-lacking mutants, L-1 less, L-2 less and L-3 less soybeans. *J. Agric. Biol. Chem.* 48:2339-2343.
- MONTERO, R. 1987. Variedad IAC-8 de soya (*Glycine max*): una alternativa para el litoral pacífico de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 12(1):107-111.
- PFEIFFER, T.W.; HILDEBRAND, D.F.; TEKRONY, D.M. 1992. Agronomic performance of soybean lipoxigenase isolines. *Crop Sci.* 32:357-362.
- SIEDOW, J.N. 1991. Plant lipoxigenase: structure and function. *Annu. Rev. Plant Physiol. Mol. Biol.* 42:145-188.
- SHIBATA, D. 1996. Plant lipoxigenase genes. In *Lipoxigenase and lipoxigenase pathway enzymes*. Ed. by G.J. Piazza. AOCS Press, Champaign, Illinois, USA. p. 39-56.
- WILSON, L.A. 1996. Comparison of lipoxigenase-null and lipoxigenase-containing soybeans for foods. In *Lipoxigenase and lipoxigenase pathway enzymes*. Ed. by G.J. Piazza. AOCS Press, Champaign, Illinois, USA. p. 209-226.
- WOLF, W.J. 1975. Lipoxigenase and flavor of soybean protein products. *J. Agric. Food Chem.* 23:136-141.