

LAS POTENCIALES ÁREAS PRODUCTIVAS DE SÉSAMO (*SESAMUS INDICUM L*) EN ARGENTINA, MATERIA PRIMA PARA BIODIESEL

S. Falasca¹, A. Anschau², G. Galvani³.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) Instituto Clima y Agua. INTA. Las Cabañas y Los Reseros S/N. CP1712. Castelar. Pcia Buenos Aires. www.intacya.org/ TE: 011-4621-1684
e-mail: sfalasca@conicet.gov.ar

RESUMEN: El objetivo del presente trabajo fue identificar el área geográfica para el desarrollo del sésamo (*Sesamus indicum L*) en Argentina, como fuente alimenticia y como materia prima para producir biodiesel. Para definir el agroclima del sésamo en Argentina, se tuvieron en cuenta los límites térmicos e hídricos de su lugar de origen. Luego se calcularon los índices agroclimáticos a partir de la base de datos climáticos del Instituto de Clima y Agua de INTA, para el período 1971-2000. Se elaboraron los mapas correspondientes a cada uno de los índices agroclimáticos y el mapa resultante de la superposición fue el que definió al agroclima de la especie en Argentina. Dicho mapa muestra la superficie con condiciones óptimas desde el punto de vista hídrico para el desarrollo del sésamo, limitada por la isoyetas de 440 y 600 mm y el límite hídrico de 200 mm que permite realizar el cultivo aún en condiciones de secano. Donde existe un régimen térmico adecuado, la irrigación incluso podría ampliar el área potencial del cultivo de sésamo en Argentina.

Palabras clave: *Sesamus indicum*, necesidades bioclimáticas, aptitud agroclimática argentina, biodiesel.

INTRODUCCIÓN

El sésamo, conocido también como ajonjolí es la oleaginosa cultivada más antigua del mundo, con más de 4000 años de cultivo, en Asiria y Babilonia. Actualmente el cultivo se ha extendido a las más variadas latitudes: Australia, China, India, Etiopía, Nigeria, Sudán, Tanzania, Uganda, El Salvador, Guatemala, México, Nicaragua, Venezuela, Estados Unidos, Brunei y Turquía (Oplinger *et al.*, 1990; Ram *et al.*, 1990; Simon *et al.*, 1984).

Probablemente el área de origen del *Sesamum indicum L* sea Etiopía. Su cultivo se extendió a las zonas del mundo comprendidas entre los 40°LN y -40°LS. En el siglo XVII se introdujo en América y rápidamente su uso se incrementó en países latinoamericanos (Fehr y Hadley, 1980).

La productividad media mundial ronda los 390 kg/ha y se estima que existen 6 millones de hectáreas cultivadas, de las cuales Asia y África poseen cerca del 90%. Los principales países productores son India y China, con el 50% de la producción mundial, seguidos de Myanmar, Sudán, Uganda, Bangladesh, Venezuela y Etiopía (Culbertson, 1961). Brasil cuenta con 20.000 hectáreas y produce 13.000 toneladas con un rendimiento en torno de 650 kg/ha (Arriell, 1997). Sin embargo en óptimas condiciones los rindes pueden alcanzar los 1500 kg/ha.

Lamentablemente no hay datos estadísticos de Argentina, ya que la producción se hace por contrato, con compromiso de compra con las empresas alimenticias para consumo interno o exportar a Japón.

El sésamo *Sesamum indicum L.* también denominado como *Sesamum orientale L.*, pertenece al orden de las Tubiflorales y a la familia de las Pedaliáceas (Desai, 1997). De menor importancia son las variedades de *Sesamum alatum* (África tropical) y *Sesamum radiatum* (África, Asia y Sudamérica).

El cultivo del sésamo está disminuyendo en todas las regiones tropicales, no así en India. Tal vez la causa obedezca a los bajos rindes, comparado con otras oleaginosas.

Existen dos tipos de sésamo: los que crecen en estaciones o climas húmedos y los que crecen en estaciones o climas secos. Los biotipos húmedos no crecen bien en áreas secas y viceversa. En los biotipos secos, la raíz principal del tronco es muy fuerte y presenta raíces secundarias que forman una red, que profundizan hasta un metro. Éstas entran en simbiosis con micorrizas, asegurándole una buena nutrición y absorción de agua.

El fruto es una cápsula que posee 4 celdas llenas de semillas aunque existen variedades con frutos dobles de 8 celdas. Los frutos pueden alcanzar una longitud de hasta 8 cm y su grosor puede llegar a 1 cm. Existen variedades dehiscentes e indehiscentes. En las dehiscentes, la cápsula madura se abre desde arriba hacia abajo. El peso de mil semillas es de 2,5 – 3,2 g. La semilla es pequeña, de 2 a 4 mm, de forma achatada, blanca, amarilla, roja, marrón o negra, siendo las de color más claro de mejor calidad (Magness *et al.*, 1971; Oplinger *et al.*, 1990). La dehiscencia de las cápsulas condiciona fuertemente la producción de semilla (Simon *et al.*, 1984).

Posibles usos

Las semillas contienen cerca de 25% de proteína y son ricas en calcio (1.3%). Se utilizan en la industria de panificación, en pastelería y otras industrias alimentarias. Usadas como condimento, dan un excelente sabor a los asados (Oplinger *et al.*, 1990; Ram *et al.*, 1990; Simon *et al.*, 1984).

¹ Investigador Adjunto CONICET

² Investigador INIA.

³ Técnico INIA

Las semillas presentan un 50-60% de aceite de sabor suave. El aceite producido del primer prensado en frío, se encuentra entre los aceites comestibles más caros del mundo debido a su bajo tenor en colesterol y alto tenor en ácidos grasos poliinsaturados: conteniendo cerca del 47% de ácido oleico y 39% de ácido linoleico. Es de color amarillo claro, no secante y soporta altas temperaturas. El aceite tiene una elevada estabilidad debida a la presencia de tres antioxidantes naturales: la 'sesamolina', la 'sesamina' y el 'sesamol' (Ram *et al.*, 1990). Se emplea en ensaladas, elaboración de margarinas y pastelería.

El aceite del segundo prensado en caliente, tiene después de la extracción, menor calidad que el aceite prensado en frío. Este aceite se utiliza para la producción de jabones, pinturas, cosméticos, tintas, industria farmacéutica, y fabricación de pesticidas (Oplinger *et al.*, 1990; Ram *et al.*, 1990; Simon *et al.*, 1984).

La torta que queda después de extraído el aceite, se utiliza como una excelente fuente de proteína (34-50%) en raciones para animales y aves. También es rico en metionina y triptofano (Ram *et al.*, 1990; Simon *et al.*, 1984).

Como planta medicinal, es tradicionalmente utilizado como emoliente, laxante y tónico (Simon *et al.*, 1984). Según Beltrão *et al.* (1991), el aceite extraído de las semillas tienen elevado potencial comercial debido a su composición química, que le confieren innumerables posibilidades de uso y una elevada resistencia a la oxidación.

Podría significar para la agricultura familiar una posibilidad de ingresos con fines alimentarios aunque también representa una alternativa para la producción de biodiesel. La operatividad del biodiesel de sésamo en máquinas ya fue testeada demostrando la calidad y operatividad del mismo (Banapurmath *et al.*, 2008; Saydut *et al.*, 2008).

La zonificación agroclimática permite la identificación de áreas con diferente potencial de rendimiento según las condiciones ambientales imperantes. Todo vegetal es sensible a las condiciones climáticas. Existe un mínimo de oferta climática capaz de satisfacer las exigencias fisiológicas de las plantas, y un máximo, fuera de los cuales son afectadas negativamente. El intervalo entre esos dos valores representa el nivel energético en el cual la planta encuentra condiciones para que todo su complejo fisiológico opere eficientemente, denominado rango de temperatura ideal (Ometto, 1981).

Necesidades bioclimáticas

Por su gran adaptabilidad el sésamo permite ser cultivado en países tropicales, subtropicales y templados. Posee un ciclo de 90-150 días. Para que pueda cumplir su ciclo son necesarios ciento cincuenta días libres de heladas (Kinman y Martin, 1954; Weiss, 1983).

Beech (1985) calculó que para alcanzar el rendimiento máximo de 1500 kg/ha es necesario acumular 2700°C de suma de grados-día sobre 0°C durante 100 días. Sin embargo, también cita a Ding (1983) quien se había referido a la necesidad del sésamo de sumar 2300°C con 750 a 770 horas de brillo solar para alcanzar el rendimiento potencial. En Australia, Beech (1995) cita que sería preciso contar con una suma de temperaturas de 2900°C sobre el mismo umbral de 0°C, pero como la mayoría de las áreas australianas no reúnen tal requisito, sostiene que debe existir germoplasma con necesidades más bajas en grados-día. El mismo encontró menores requisitos en biotipos de Japón y Corea. Langham (2007) coincide con Beech (1995) y sostiene sobre la existencia de biotipos con menor requerimiento en suma térmica, ya que en Texas se han obtenido esos rendimientos máximos con una suma de temperatura de 2400°C.

Sin embargo, el efecto de la temperatura en la ocurrencia y duración de las fases es muy pronunciado y arrojó correlaciones más altas que la suma de temperaturas (Langham, 2007).

El sésamo se desarrolla bien entre 11°C y 30°C de temperatura del aire aunque las plantas tienen mejor desarrollo y máxima producción en regiones donde las temperaturas son elevadas. Es una planta adaptada a temperaturas medias de 25°C a 30°C (SEARA, 1989). En el intervalo entre 25°C a 27°C los procesos de germinación, floración y fructificación son favorecidos (Reaño Ugas, 1969; Kostrinsk, 1959; Salehuzzaman y Pasha, 1979; SEARA, 1989; Weiss, 1971). La temperatura mínima de germinación es de 12°C. Con temperaturas inferiores a los 20°C hay atraso en la germinación y desarrollo y cuando resultan inferiores a 10°C, el metabolismo se paraliza (Salehuzzaman y Pasha, 1979; Weiss, 1971).

Weiss (1971) ha encontrado que con temperaturas de suelo de alrededor de 25°C, la semilla absorbe bastante humedad. Entre las 24 y 48 horas, la radícula surge y a las 12 horas la raíz empujará hacia abajo. Entre 3 y 5 días, la plántula emerge del suelo.

La temperatura umbral para el sésamo es 15.9°C (Angus *et al.* 1980). En los primeros años de producción estadounidense con fines comerciales la temperatura mínima recomendada para iniciar una plantación fue de 23.9°C (Kinman, 1955). En la plantación de cientos de miles de hectáreas de sésamo en USA desde los años 1980, se recomendó que la temperatura mínima sea 21°C (Langham, 2007), aunque esto no significa que no germine con temperaturas inferiores. La temperatura recomendada está basada en una probabilidad razonable de alcanzar un stand lleno. También FAO (1961) señala que el sésamo prefiere temperaturas elevadas, de 21°C - 26°C.

Bajas temperaturas en floración pueden provocar esterilización del polen y caída prematura de flores y, altas temperaturas (>40°C) en la fase de floración pueden afectar seriamente la fertilización, reduciendo el número de cápsulas producidas

(Desai, 1997). Sin embargo, se han obtenido cosechas excelentes en Arizona donde las temperaturas diurnas durante la fase reproductiva son raras veces inferiores a 40°C y a menudo alcanzan 50°C (Weiss, 1971).

El rango óptimo para el crecimiento, floración y maduración es de 26°C - 30°C. En regiones con vientos cálidos y fuertes la planta produce semillas más pequeñas y con menor porcentaje de aceite. Por tal motivo, el sésamo se cultiva en regiones más frías en el verano y en zonas cálidas en los meses más frescos. No es resistente a las heladas. Las zonas para el cultivo se encuentran, según el clima, en altitudes máximas de 1600 m.s.n.m. (1200 m.s.n.m. India y 600 m.s.n.m. América Central).

Los biotipos secos crecen en zonas con una precipitación anual media de 200 a 400 mm y en suelos bien drenados, de textura media de pH entre 4.3 y 8.7. La humedad excesiva daña el cultivo en cualquiera de sus estados del desarrollo (Fehr y Hadley, 1980).

En líneas generales, el cultivo requiere 400 a 500 mm para completar su ciclo, con una exigencia de 160 a 180 mm durante el primer mes de cultivo (Peixoto, 1972). Resulta adecuado el cultivo del sésamo en zonas de secano donde las precipitaciones superen los 310-440 mm. Con precipitaciones de 300-600 mm, distribuidas en forma óptima durante el periodo de crecimiento, se obtienen buenas cosechas. Distribución óptima quiere decir: hasta la primera formación de botones florales el 35%, floración principal el 45%, periodo de maduración el 20% y si es posible sequía durante la cosecha (Langham, 2007).

La planta es extremadamente delicada en cada estado de su crecimiento al estancamiento de agua. Por eso se dice que es una especie resistente a la sequía (SEARA, 1989; Beltrão *et al.*, 1994) pero no al encharcamiento. Por ello crece solamente en regiones con lluvias moderadas, o en zonas áridas con un control minucioso del riego. La planta puede dar buenas cosechas solamente por el agua almacenada en el subsuelo a través de su raíz pivotante. Tiene importancia la distribución de las lluvias, existiendo subperíodos críticos dentro del ciclo del cultivo que requieren agua. Durante el subperíodo floración - maduración no puede faltar el agua. Sin embargo resulta conveniente que la época de lluvias termine antes de la cosecha para evitar inconvenientes y pérdidas.

Requiere períodos largos de insolación, y es mayormente una planta de día corto, aunque existen variedades indiferentes al fotoperíodo. Existe fotoperiodismo en sésamo donde cultivares de día corto crecidos en condiciones de día largo florecerán mucho más tarde y producirán plantas más grandes y recíprocamente cultivares de día largo crecidos en día corto habrán acelerado la floración produciendo plantas más bajas (Joshi, 1961).

Es sensible a vientos fuertes cuando haya desarrollado plenamente. No se deberían sembrar variedades de porte alto en regiones con vientos fuertes durante la época de la cosecha (o eventualmente habrá que proteger el cultivo con cortinas rompevientos).

Se siembra en Argentina de octubre a enero según la latitud. Para la determinación de la época de siembra se recomienda tomar en cuenta el ciclo vegetativo de la variedad y el régimen de lluvias en la zona, planificando que la maduración (cosecha) coincida con el inicio de la estación seca.

El objetivo del presente trabajo fue identificar el área geográfica para el desarrollo del sésamo (*Sesamum indicum L*) en Argentina, como fuente de aceite comestible y como materia prima para producir biodiesel, dando especial énfasis a climas semiáridos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Primeramente se consideró el Período Medio Libre de Heladas mayor o igual a 150 días. Si no se cumple tal condición, el sésamo no va a poder completar su ciclo y califica el área como área inepta.

Sabiendo que la temperatura umbral de crecimiento es 15.9°C se consideraron las Temperaturas Medias para el período que va de noviembre a marzo, indicando como área inepta cuando resulta inferior a 15.9°C; apropiada aquella que presenta de 15.9°C a 21°C; muy apropiada de 21.0°C a 26.0°C y óptima cuando la disponibilidad térmica es de 26°C a 30°C.

Para analizar el factor hídrico, se consideraron que con menos de 200 mm de Precipitaciones Acumuladas de noviembre a marzo resulta un área inepta; de 200-310 mm, califica como apropiada con limitaciones de humedad; de 310-440 mm resulta apropiada; de 440-600 mm representa la condición óptima y montos superiores a 600 mm es Inepta.

La superposición de los mapas anteriores, permitió efectuar la zonificación agroclimática, delimitando áreas óptimas, muy apropiadas, apropiadas, marginales e ineptas para el cultivo del sésamo en Argentina.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 1 se presentan las áreas con Período Medio Libre de Heladas > 150 días. En ella puede apreciarse que el área calificada como apta abarca gran parte del territorio nacional llegando hasta la provincia de Santa Cruz, mostrando la aptitud Argentina que presenta para las actividades agrícolas.

En la Figura 2 se muestra la aptitud desde el punto de vista térmico. Las áreas óptimas, con temperaturas medias de 26°C-30°C durante el período de crecimiento se localizan en el N del país (Salta, Formosa, Chaco, NE de Santiago del Estero) y una parte de las provincias de la Rioja y Catamarca. Las áreas muy apropiadas, (con temperaturas medias de 21°C -26°C) comprenden E, N y centro del país, llegando hasta el N de Buenos Aires, cubriendo parte de la provincia de La Pampa y N de Río Negro. Las áreas apropiadas (con temperaturas medias de 15.9°C-21.0°C) circunscriben el área delimitada como apta y

presenta como límite sur, el N de la provincia de Santa Cruz. Cuando la temperatura del período de crecimiento resulta inferior a 15.9°C califica como área Inepta.

En la Figura 3 se presentaron las precipitaciones correspondientes al periodo Noviembre - Marzo. Clasificada como Muy apta (440-600 mm) aparece una gran superficie que cubre parte de las provincias de Salta, Jujuy, Chaco, Formosa, Santiago del Estero, Catamarca, San Luis, Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Buenos Aires y La Pampa. El área Apta (310-440 mm) aparece circunscribiendo a la anterior, tanto en el noroeste como en el centro del país, aunque desplazada hacia el sur y hacia el oeste; mientras que el área apropiada con limitaciones de humedad (200-310 mm) rodea a esta última. Con más de 600 mm durante el ciclo del cultivo, el área resulta inepta porque, como se dijo anteriormente, la humedad excesiva daña el cultivo.

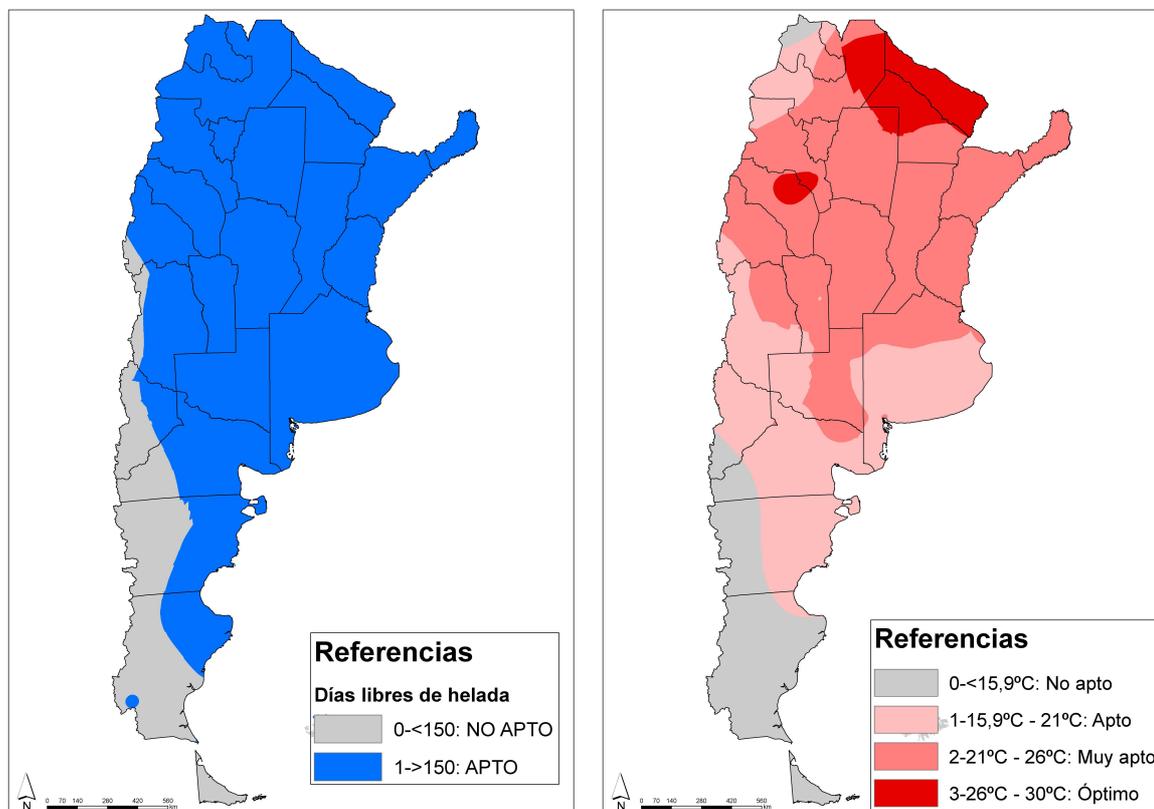


Figura 1. Período medio libre de heladas > 150 días. Figura 2. Temperatura media Noviembre – Marzo

Finalmente la Figura 4 muestra las zonas potenciales de cultivo de sésamo. Nótese que esta figura es muy parecida a la Figura 3. Ello significa que las áreas potenciales del cultivo de sésamo están determinadas fundamentalmente por el factor hídrico, es decir por las precipitaciones acumuladas durante el período de crecimiento.

El *área óptima* comprende parte de 4 provincias: Formosa, Chaco, E de Salta y NE de Santiago del Estero. Las *áreas muy apropiadas* abarcan un pequeño sector de la provincia de Salta, parte de Catamarca, La Rioja, Santiago del Estero, Córdoba, San Luis, Mendoza, La Pampa, centro y S de Santa Fe, Entre Ríos, San Juan y Buenos Aires. Las *áreas apropiadas* cubren parte de Mendoza, San Luis, La Pampa, Buenos Aires, Catamarca, Salta y Jujuy.

Las *áreas apropiadas con limitaciones por humedad*, que abarcan parte de San Juan, La Rioja, Mendoza, La Pampa, San Luis, Río Negro y S de Buenos Aires, podrían mejorar su condición implementando riego complementario, ampliando el área agroclimáticamente apta.

En líneas generales, resulta conveniente aclarar que la industria bioenergética puede llegar a causar un desequilibrio en el abastecimiento alimentario al destinar las tierras, aguas y otros recursos a la producción de biocombustibles en detrimento de productos alimentarios básicos. A pesar de los beneficios de los biocombustibles para la seguridad energética, la seguridad alimentaria mundial se pone en riesgo, ya que con el fin de aumentar la producción de energía, tierras de cultivo que anteriormente se destinaban para sembrar cereales que alimentan a la población humana, ahora se utilizan para abastecer combustible a vehículos.

En el año 2008 frente a la crisis energética ocasionada por el aumento del precio del barril de crudo (que rozó la barrera de los 150 dólares), se incrementó la producción de etanol y biodiesel en Estados Unidos, primer productor mundial de maíz, ocasionando el aumento del precio de este cereal, afectando principalmente a América Latina, región donde el maíz forma parte de la alimentación básica de gran parte de la población.

Por otra parte, la fuerte presión por extraer agua de forma intensiva para regar cultivos energéticos podría repercutir en la disponibilidad de este recurso, especialmente en regiones semiáridas y áridas. Las tendencias recientes señalan que es posible

que los mercados de alimentos y energía estén más firmemente correlacionados en el futuro; de esta manera, las fluctuaciones de los precios de la energía provocaría cambios concomitantes en los precios de los alimentos.

Por todo lo expuesto es importante que las estrategias nacionales sobre bioenergía no sólo se centren en las oportunidades de generación de energía, sino que también se basen en una evaluación exhaustiva de los efectos sobre la seguridad alimentaria y de los beneficios sociales y ambientales de la bioenergía y sus costos, como el aumento del precio de los alimentos, la deforestación y la competencia por el uso de la tierra y del agua.

Por éso, la premisa básica para la producción de cultivos energéticos es utilizar tierras de baja productividad para no competir con el mercado alimentario. El empleo y la valoración del agua en la agricultura debe encaminarse en políticas de liberación hacia usos más productivos como son los alimentos.

Finalmente, y analizando si resulta conveniente aportar agua de riego a un cultivo dual: con un fin comestible y un fin energético, como es el caso del sésamo, las autoras consideran que se podría destinar el aceite obtenido del primer prensado para uso comestible dado su alto precio en el mercado internacional y el de segundo prensado, de inferior calidad, con fines industriales para obtener biodiesel.

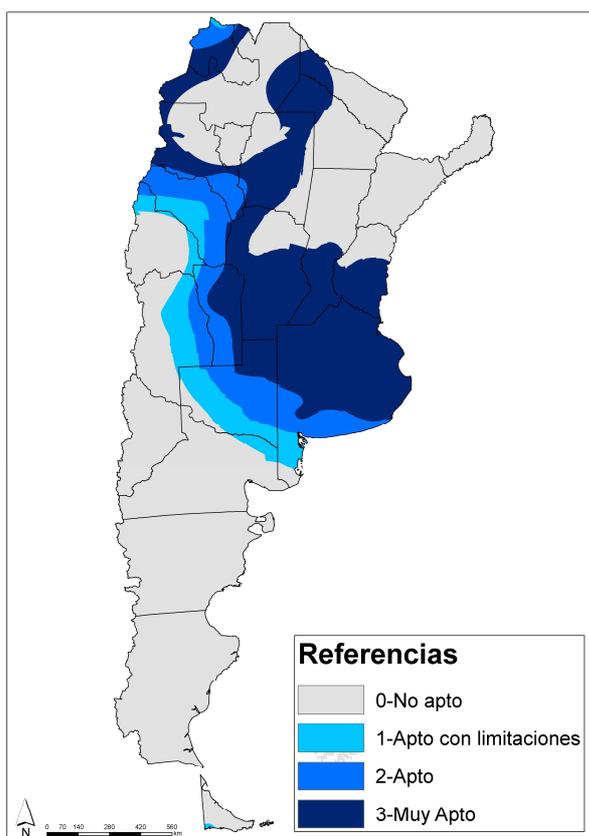


Figura 3. Precipitación media Noviembre a Marzo

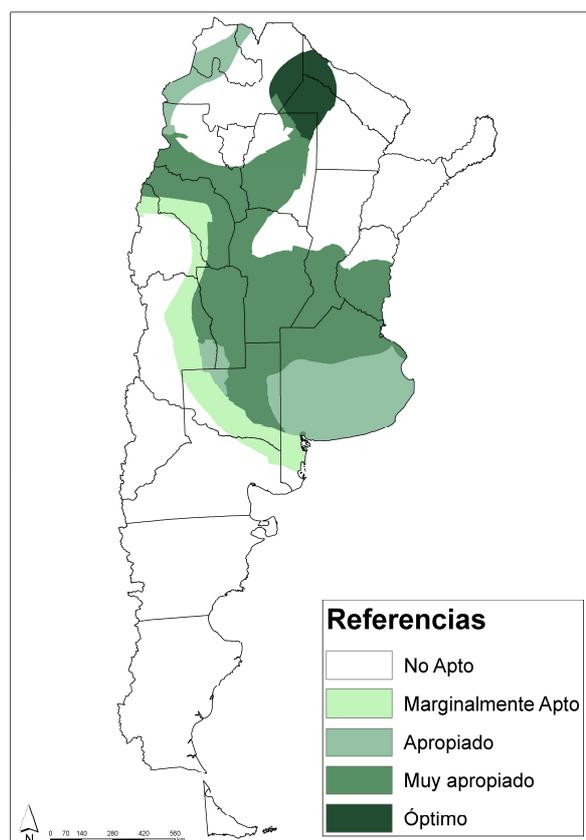


Figura 4. Zona potencialmente apta para el cultivo de *Sesamum indicum* L.

La elección de la especie oleaginosa apropiada a cultivar en climas semiáridos y tierras marginales es fundamental, teniendo en cuenta la vulnerabilidad socioeconómica de los agricultores de esas regiones frente a la variabilidad de las precipitaciones exacerbadas más aún por el cambio climático.

La inclusión del cultivo del sésamo dentro de una rotación aporta otros beneficios al sistema agrícola: mejora el nitrógeno disponible en el suelo para otras cosechas, libera sustancias que ayudan a reducir las poblaciones de insectos, y fundamentalmente, es resistente a la sequía. Sin la aplicación de riego complementario y dependiendo de las condiciones hídricas de la campaña agrícola, en el área delimitada como apta con limitaciones hídricas, el productor podrá hacer el aprovechamiento con doble propósito, es decir que podrá vender el aceite para consumo humano o para usos industriales, o ambos a la vez.

CONCLUSIONES

Se ha demostrado a través de este trabajo que existe un vasto sector del país con aptitud agroclimática para el cultivo del sésamo. La producción obtenida podrá ser empleada con doble propósito: uso alimentario y producción de biodiesel.

Las áreas apropiadas con limitaciones por humedad, que abarcan parte de las provincias de San Juan, La Rioja, Mendoza, La Pampa, San Luis, Río Negro y S de Buenos Aires, podrían mejorar su condición implementando riego complementario, ampliando el área agroclimáticamente apta, produciendo sésamo con doble propósito o bien, por presentar deficiencias hídricas durante el ciclo del cultivo, podrían destinarse exclusivamente para obtener materia prima para obtención de biodiesel.

REFERENCIAS

- Arriel, N.H.C. (1997). Diagnóstico e perspectiva do gergelim no Brasil. In: Reunião temática matérias-primas oleaginosas no Brasil: diagnóstico, perspectivas e prioridades de pesquisa. Campina Grande. Anais. Campina Grande: Embrapa Algodão/MAA/ABIOVE, 1997. p.119-138.
- Banapurmath NR, Tewari PG, Hosmath RS. (2008). Performance and emission characteristics of a DI compression ignition engine operated on Honge, Jatropha and sesame oil methyl esters. *Renewable Energy* 33:1982-1988.
- Beech, D.F. (1985). Sesame: Research possibilities for yield improvement. p. 96–106. In: A. Ashri (ed.), Sesame and safflower status and potentials. FAO Plant Production and Protection Paper 66. Rome, Italy.
- Beech, D.F. (1995). Australian sesame industry: An overview. p. 19–33. In: M.R. Bennett and I.M. Wood (eds.), Proc. First Australian Sesame Workshop, Darwin – Katherine, 21–23 March 1995.
- Beltrão, N.E. de M.; Freire, E.C.; Lima, E. F. (1994). Gergelim cultura no trópico semi-árido nordestino. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 52p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 18).
- Desai, B.; Kotecha, P. y Salunkhe, N. (1997). Seeds Handbook Biology, Production, Processing, and Storage. Marcel Dekker, Inc. 627p. New York.
- Fehr, W. and Hadley, H. (1980). Hybridization of crop Plants. Wisconsin. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America. 765p.
- Food and Agricultural Organization of The United Nations. (2004). Principales productores de alimentos y productos agrícolas, (On line). <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.jsp?lang=ES&commodity=289>
- Joshi, A.B. (1961). Sesamum. The Indian Central Oilseeds Committee, New Delhi, India. p. 109.
- Kinman, M.L. (1955). Sesame production. Texas Agr. Expt. Sta. Bul., College Station.
- Kinman, M.L. and Martin, J.A. (1954). Present status of sesame breeding in the United States. *Agron. J.* 46(1) 22–27.
- Kostrinsky, Y. (1959). Methods for increasing the production of Sesamum in Israel. *Israel: Agric. Res. Stn (Bulletin, 62)*.
- Langham, D.R. (2007). Phenology of Sesame. Issues in new crops and new uses. 2007. J. Janick and A. Whipkey (eds.). ASHS Press, Alexandria, VA. 144-182.
- Ometto, J.C. Bioclimatologia vegetal. (1981). Ed. Agronômica CERES. 440 p. São Paulo.
- Peixoto, A.R. (1972). Gergelim ou sésamo. In: Plantas oleaginosas herbáceas. Nobel, 63-71. São Paulo.
- Reaño Ugas, J.M. (1969). Estudio comparativo de 22 variedades de ajonjolí en el Valle de Ate. Lima: Universidad Agraria. 70 p. (Tráballo de Tesis).
- Saydut A, Duz MZ, Kaya C, Kafadar AB, Hamamci C. (2008). Transesterified sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil as a biodiesel fuel. *Bioresource Technology* 99:6656-6660
- Salehuzzaman, M. y Pasha, MK. (1979). Effects of high and low temperature on the germination of the seeds of flax and sesame. *Indian Journal Agricultural*, 49,4, 260-261.
- SEARA (Fortaleza, CE). (1989). Projeto de recuperação da cotonicultura. p27-32. Fortaleza.
- Simon, J.E.; Chadwick y Craker, L.E. (1984). Herbs: An Indexed Bibliography. 1971-1980. The Scientific Literature in Selected Herbs and Aromatic and Medicinal Plants of the Temperate Zone. Archon Books, 770 pp., Hamden, CT. <http://www.purdue.edu/newcrop/med-aro/factsheets/SESAME.html>.
- Weiss, E.A. Oilseed crops.(1983). London: Longman, 659p.

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the geographical area for the cultivation of sesame (*Sesamum indicum* L) in Argentina, as a source of food or raw material to produce biofuels. To define the agroclimate for sesame in Argentina, we took into account limiting ambient temperature and required rainfall. Agroclimatic indices were calculated from the climate database of the Institute of Climate and Water of INTA, for the period 1971-2000. Each agroclimatic index was represented in a map and the overlapping of the different maps defined the agroclimate of the species in Argentina. The final map shows the surface with optimal conditions for sesame from the hydrological point of view, limited by the isohyet of 440 and 600 mm and the limit of 200 mm. As long as temperature is adequate, irrigation might extend even further the potential area for the cultivation of sesame in Argentina.

Keywords: *Sesamum indicum*, bioclimatic needs, agroclimatic suitability Argentina, biofuel.