

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

LA INTRODUCCIÓN DEL CULTIVO DEL ALGARROBO ACEITERO (*Pongamia pinnata*),
ESPECIE PROMISORIA PARA AFRONTAR EL CAMBIO CLIMÁTICOFalasca S⁵⁶, *Ulberich A⁵⁷, *del Fresno CM⁵⁸, Bernabé MA⁵⁹.Programa de Estudios sobre el medio ambiente y la producción agropecuaria. CINEA. FCH. UNICEN.
Pinto 399. 7000. Tandil, Pcia Buenos Aires. Argentina. (02293) 425790 Int.221.ulberich@fch.unicen.edu.ar

Los proyectos de forestación y reforestación tienen un papel fundamental, en la mitigación del cambio climático, contribuyendo al crecimiento del sector maderero del país. Si se elige para forestar un árbol que puede ser utilizado para producir biodiesel, tiene buen rinde en suelos salinos, fija nitrógeno atmosférico y califica para créditos de carbono, se está considerando una especie muy promisoría frente al cambio climático. La especie seleccionada es *Pongamia pinnata*, conocida como algarrobo aceitero, leguminosa originaria del sudeste asiático, que puede secuestrar 2-3 t CO₂/ha a los 2 años de vida. En virtud de las cualidades mencionadas y por su resistencia a la sequía, se perfila como un cultivo alternativo para Argentina, que incluso podría reemplazar a la soja como productora de biodiesel en algunos sectores del país. El objetivo del presente trabajo fue delimitar la zona apta para el cultivo de esta especie, dando énfasis a tierras marginales. Para ello se trabajó con las necesidades bioclimáticas y límites biofísicos de la misma y datos climáticos de Argentina para el período 1971-2010. La superposición de las capas conteniendo información sobre la variabilidad espacial de los índices agroclimáticos permitió obtener el mapa de aptitud agroclimática para su posible introducción al país.

Introducción

Se sabe que las emisiones del sector energético son las que más contribuyen al cambio climático. Sin embargo, la reconversión de bosques también es una parte significativa del problema, contribuyendo con alrededor del 20% de las emisiones anuales de CO₂. Se estima que la reconversión forestal ha contribuido en un 30% de la acumulación de carbono en la atmósfera de la tierra durante los últimos 150 años.

El uso de derivados del petróleo como fuentes de energía y el cambio del uso del suelo a nivel mundial son las dos principales causas del aumento del CO₂ atmosférico. Es por ello que la incesante y rápida pérdida de los bosques es doblemente perjudicial, porque además de contribuir en la emisión de carbono y disminución de la biodiversidad en el ámbito mundial, reduce la capacidad de resistencia que los ecosistemas puedan tener para enfrentar al Cambio Climático.

El primer acuerdo internacional firmado en 1997, conocido como el Protocolo de Kyoto y la Convención Marco sobre cambio climático, determinan obligaciones legales para limitar la emisión de gases de efecto de invernadero (GEI) en los países desarrollados. Aunque significó un respaldo significativo para la protección del clima, todavía quedan interrogantes acerca del papel que juegan los bosques y los cambios de uso del suelo en el cumplimiento de las obligaciones para reducir el calentamiento global. Así como los efectos negativos de éste proceso sobre la biodiversidad se sinergiza con la deforestación, también existe un considerable feedback entre la reducción de emisiones de GEI y los esfuerzos para conservar los bosques nativos.

Mediante la fotosíntesis, el CO₂ atmosférico se incorpora a los procesos metabólicos de las plantas, participando en la composición de todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (Brown, 1997).

⁵⁶ Investigadora de CONICET. Instituto Clima y Agua. INTA, Castelar. Buenos Aires. Programa de Estudios sobre el medio ambiente y la producción agropecuaria. CINEA. FCH. UNICEN. 1153860925. sfalasca@conicet.gov.ar

⁵⁷ Programa de Estudios sobre el medio ambiente y la producción agropecuaria. CINEA. FCH. UNICEN. Pinto 399. 7000. Tandil, Pcia. Buenos Aires. Argentina. (02293) 425790 Int.221. ulberich@fch.unicen.edu.ar bernabe@fch.unicen.edu.ar

⁵⁸ Becaria de CONICET. Programa de Estudios sobre el medio ambiente y la producción agropecuaria. CINEA. FCH. UNICEN. Pinto 399. 7000. Tandil, Pcia. Buenos Aires. Argentina. (02293) 425790 Int.221. mc.mirandadelfresno@fch.unicen.edu.ar

⁵⁹ Programa de Estudios sobre el medio ambiente y la producción agropecuaria. CINEA. FCH. UNICEN. Pinto 399. 7000. Tandil, Pcia. Buenos Aires. Argentina. (02293) 425790 Int.221. ulberich@fch.unicen.edu.ar bernabe@fch.unicen.edu.ar

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Los componentes de la copa aportan materia orgánica al suelo, que al degradarse se incorpora paulatinamente y da origen al humus estable, éste a su vez devuelve nuevamente carbono al entorno. Durante el tiempo que el CO₂ forma parte de las estructuras de las plantas y antes de que llegue al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado; en el momento de su liberación, ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa, el CO₂ fluye para regresar al ciclo del carbono.

Los bosques pueden mitigar los efectos de un cambio climático mundial debido a su capacidad de almacenar carbono. Los bosques secundarios se establecen como un reservorio de carbono en los primeros 25 años de vida. La cantidad absoluta que se acumula anualmente aumenta de manera exponencial desde un mínimo en el primer año de la sucesión a un punto máximo de 100% a los 25 años. Luego, desde el año 25 al 75, la cantidad acumulada tiende a reducirse exponencialmente hasta el año 75, de ahí en adelante el bosque almacena carbono (Calvo, 1998).

Existe un árbol denominado *Pongamia pinnata*, que se está estudiando a nivel internacional por sus innumerables virtudes. Se lo puede considerar como una especie mitigadora del cambio climático: interviene en la secuestación de carbono atmosférico a través del crecimiento del árbol y, a través del crecimiento de la raíz (potenciada por la nodulación bacteriana que fija nitrógeno atmosférico). La secuestación de carbono en el suelo de esta especie, se estima a razón de 10-30 t/ha/año. La forestación con *Pongamia pinnata* califica para créditos de carbono. La cantidad de carbono secuestrado depende de la edad de la plantación. Así, Nair (2005) calculó para la localidad de Adilabad (Andhra Pradesh, India) que bajo condiciones naturales con un régimen de lluvias de 1200 mm anuales y en suelos vertisoles, secuestró 17; 72; 331 y 347 kg Carbono/árbol a los 5; 10; 15 y 25 años, respectivamente.

Pongamia pinnata (L.) es una leguminosa arbórea miembro de la subfamilia Papilionoideae, de la tribu Millettieae. Este árbol de 10-25 m de altura, es nativo del subcontinente indio y el sudeste de Asia (India, Malasia, Indonesia, Taiwán, Bangladesh, Sri Lanka y Myanmar). Se ha naturalizado en el este de África, norte de Australia y Florida y se ha introducido con éxito en regiones tropicales húmedas del mundo, así como Nueva Zelanda, China y Estados Unidos (Scott et al.; 2008).

Esta especie, que es uno de los pocos árboles fijadores de nitrógeno, se denomina vulgarmente como *Karanja*, *Pongamia*, *karum*, *kanji*, *haya de la India* y *algarrobo aceitero* (Srivastava y Prasad, 2000; Ramadhas et al., 2004; Francis y Peter, 1980). Se lo ha reconocido para el mejoramiento de suelos degradados, alcalinos y salinos y para fijación de dunas. Soportan en la India hasta 1,5 m de inmersión durante 5-6 meses consecutivos. También se lo emplea en el arbolado urbano para sombra y como ornamental por sus vistosas flores.

Billones de árboles de algarrobo aceitero existen en India. Allí el aceite reemplaza al kerosene para iluminación y miles de colectivos son propulsados con biodiesel elaborado a partir de esta materia prima. Ese aceite se usa además para curtir cueros y para elaboración de jabones. Todas las partes de la planta son tóxicas: los jugos de la planta e incluso el biodiesel son antisépticos y resistentes a las plagas.

Se dice que un sólo árbol puede producir de 9 a 90 kg o semilla/año, indicando, un rendimiento potencial de 900 a 9000 kg semillas/ha. Las semillas contienen de 30 a 40% de aceite no comestible (Natanam et al., 1989; Nagaraj y Mukta, 2004), que puede ser convertido a biodiesel.

Se inicia la producción a partir del tercer año y al décimo año se puede producir más de 15.000 litros de biodiesel/ha, ésta va en aumento hasta el décimo quinto año. Puede producir durante 60-100 años, dependiendo del cuidado dado a la planta (Agarwal y Rajamanoharan, 2009).

El aceite tiene un volumen alto de triglicéridos, y su desagradable sabor y olor son debidos a furanoflavonas amargas como "pongamol" y "karanjin". El ácido graso predominante es el ácido oleico (45-55%) (Meera et al.; 2003).

La composición del biodiesel y sus propiedades físico-químicas se ajustan a los estándares europeos y americanos. El índice de saponificación es de 196,7; el índice de Iodo de 80,9; el número de cetano es de 55,84; la viscosidad a 40°C es de 3,8 a 4,8 mm²/s; el punto de ignición a 150°C es de 135; el punto de congelación 2,1°C y el punto de nube 8,3°C. De éstos, el punto de congelación representa la temperatura más baja en la que el aceite fluirá, y el de nube se refiere a la temperatura que lleva a la separación de sólidos disueltos del aceite, siendo estas propiedades críticas en el empleo de este biodiesel en climas templados y fríos (Azam et al., 2005; Karmer y Chadha, 2005).

Además, el aceite está indicado para el tratamiento del reuma. Se ha descubierto que posee propiedad espermicida (Bandivdekar y Moodbidri, 2002). Se le atribuyen propiedades antioxidantes, antihiperglucémicas, anti-diarreica y anti-úlceras. En los sistemas tradicionales de medicina, la planta se usa como anti-inflamatorio y anti-plasmoidal contra *Plasmodium falciperum* (Simonsen et al., 2001). Posee propiedades insecticidas hacia la cucaracha americana (*Periplaneta americana* L) y efecto larvicida contra tres

especies de mosquito: *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* y *Anopheles stephensi* (George y Vincent, 2005).

Las hojas frescas pueden servir como alimento forrajero para el ganado, mientras que secas se emplean como repelente de insectos en granos almacenados. Sus flores son visitadas por abejas por lo que permiten desarrollar actividad apícola. La torta que queda luego del prensado de la semilla aplicada al suelo resulta útil para matar nematodos, etc. (Kabir et al., 2001), y no es apta para el consumo de animales debido a la presencia de pongamol, karanjin y taninos, pero es un excelente fertilizante orgánico, que contiene macro y micronutrientes, sobre todo Nitrógeno, Fósforo y Azufre. De hecho, se emplea en plantaciones comerciales de soja, maíz y algodón en India. 4 kg de semillas de *Pongamia pinnata* proveen 3 kg de torta. Además, dicha torta puede emplearse como fuente para obtener biogas (Wani et al., 2006).

Investigadores de la Universidad de Queensland, Australia, estimaron diferentes rendimientos según las condiciones ambientales a que está sometido el árbol. Los rindes, para una densidad de plantación de 250 árboles por hectárea, se visualizan en la Tabla 1.

Tipo de crecimiento	Área Marginal	Área Apropiada	Área Óptima
	t/ha	t/ha	t/ha
Rendimiento de semilla	7,50	12,50	23,00
Rendimiento de aceite	3,00	5,00	9,66
Torta	4,50	7,50	13,34
Proteína	2,25	3,75	6,67
Almidón	2,25	3,75	6,67

Tabla 1. Rendimiento de *Pongamia pinnata* creciendo bajo diferentes condiciones (Fuente: www.cilr.uq.edu.au)

Para los sistemas agroforestales la cantidad mínima de árboles forestales por hectárea es de 250 ejemplares, quedando espacios libres entre hileras que pueden destinarse al intercropping. En lugares donde se cultiva el algarrobo aceitero, se emplean leguminosas forrajeras perennes, lemongrass, poroto caupí, gandul (*Cajanus cajan*), etc.

En la India la cosecha es manual y una persona recoge 180 kg de semillas en una jornada de 8 horas diarias. La semilla de algarrobo aceitero aún no ha sido introducida al país. El período de cosecha en Argentina se extendería desde junio a octubre. Toda la tecnología está disponible y probada en Australia para la cosecha mecanizada, a una tasa promedio de 2 árboles por minuto.

Necesidades bioclimáticas de la especie

El *algarrobo aceitero* crece en áreas que tienen una precipitación que oscila de 500 mm a 2500 mm anuales. Puede sobrevivir con 200 mm anuales gracias a su raíz primaria que puede llegar a medir hasta 10 m, aunque el óptimo desarrollo se registra con montos superiores a 1000 mm (Agarwal and Rajamanoharan, 2009).

En su hábitat natural, los rangos de temperatura máxima oscilan de 27°C a 38°C, con temperaturas mínimas de 1°C a 16°C. Tolera escarchas ligeras y temperaturas de 50°C sin problemas. Es más resistente a heladas que la *Jatropha curcas* (Agarwal y Rajamanoharan, 2009; Falasca y Bernabé, 2009). En Australia se ha comprobado que puede resistir hasta -5°C en el invierno (Gresshoff, s/f www.cilr.uq.edu.au).

Objetivo del trabajo

Delimitar la aptitud agroclimática de Argentina para el cultivo de *Pongamia pinnata* para implantar bosques energéticos, obtener aceite para elaborar biodiesel y generar bonos de carbono, ya que se perfila con gran potencial por su resistencia a la sequía y por producir buenos rindes aún en suelos con problemas hidromórficos y/o halomórficos.

Materiales y métodos

Conociendo las necesidades bioclimáticas de la especie se procedió a buscar la zonificación agroclimática empleando datos meteorológicos del país correspondientes al período 1971-2010, provenientes de la base de datos del Instituto de Clima y Agua del INTA.

Así se mapearon las variables: a) precipitación media anual, clasificando como área marginal a aquella que recibe entre 200 mm y 500 mm, área apta a aquella comprendida entre 500 mm y 1000 mm, y área óptima cuando supera los 1000 mm; b) la temperatura máxima media de verano, que debe superar los 27°C; c) la temperatura mínima media de invierno, que debe ser superior a 1°C y d) la temperatura mínima absoluta igual o superior a -5°C, con un período de recurrencia de 1 vez cada 30 años.

Teniendo en cuenta la bibliografía internacional, se escogió como límite de resistencia a las bajas temperaturas la intensidad de -5°C. Se eligió la temperatura mínima absoluta con esa recurrencia porque como se dijo anteriormente, se trata de un árbol muy longevo, que puede producir frutos durante 60 a 100 años.

Luego se superpusieron los mapas anteriores para definir las áreas con diferentes grados de aptitud agroclimática.

Resultados y discusión

La Figura 1 describe el mapa político de Argentina con la toponimia de las provincias, a los fines de la interpretación de las áreas clasificadas con diferentes grados de aptitud agroclimática.

En la Figura 2 se muestran las áreas ineptas, marginales, aptas y óptimas desde el punto de vista hídrico para la especie.

En la Figura 3 se aprecia el límite sur y oeste impuesto por la isoterma de 27°C, correspondiente a la temperatura máxima media de verano, distinguiendo hacia el norte y este, el área apta y al sur y oeste de ella, el área inepta.

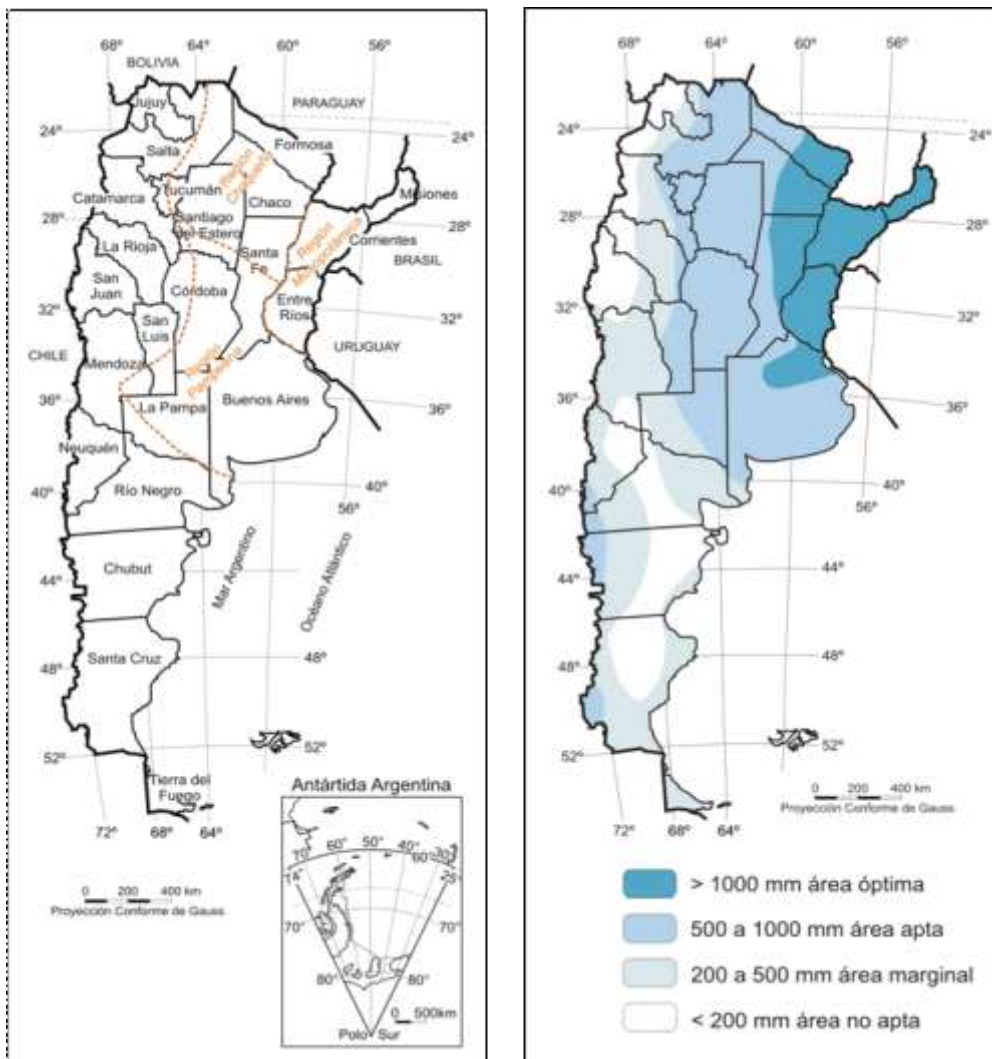


Figura 1. Mapa político de Argentina

Figura 2. Precipitación media anual

De la superposición de los mapas (correspondientes a las figuras 2 a 5) surgió la Figura 6, en la que se puede apreciar que las áreas óptimas y aptas para el cultivo del *algarrobo aceitero*. La primera incluye las provincias de Misiones y Corrientes, zona oriental de Formosa y Chaco, NE de Santa Fe, N y S de Entre Ríos y NE de Buenos Aires, y la segunda abarca la zona occidental de Formosa y Chaco, zona oriental y S de Salta, gran parte de Tucumán, N de Santiago del Estero y un pequeño sector al NW de Santa Fe. Ello significa que podrían forestarse suelos marginales, con problemas de salinidad, alcalinidad, anegamiento, etc., presentes en todas las provincias definidas con aptitud apta y óptima desde el punto de vista agroclimático.

Además, aparecen tres sectores, ubicados más al sur del área citada: uno que abarca norte de Buenos Aires y sur de Entre Ríos, y otros dos sobre la costa bonaerense, zonas que por la proximidad al río o al mar, respectivamente, gozan de temperaturas más atemperadas con cierta protección para las heladas.

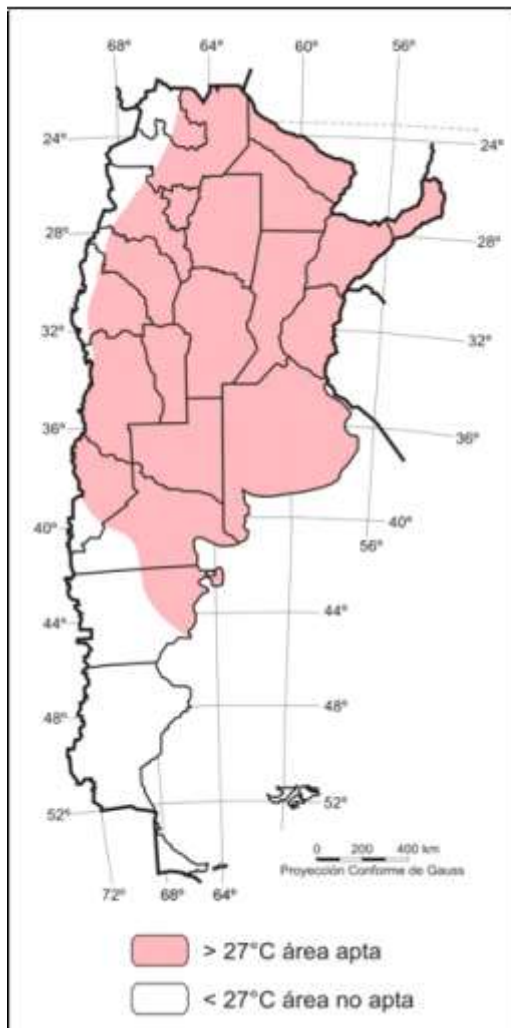


Figura 3. Temperatura máxima media verano

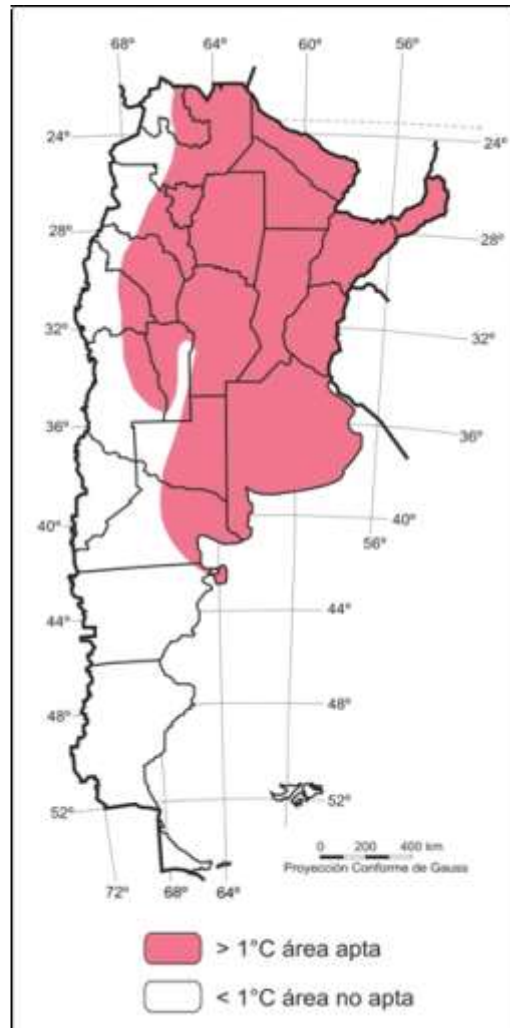


Figura 4. Temperatura mínima media invierno

La zona delimitada como marginal –que incluye gran parte de Entre Ríos, Santa Fe, centro y S de Santiago del Estero, pequeños sectores: al SW de Salta, S de Tucumán, E de Catamarca y La Rioja, casi la totalidad de Córdoba, el centro, NE y SE de San Luis, E de La Pampa y casi toda la provincia de Buenos Aires-, tiene esa condición por el régimen de heladas, por darse en ella temperaturas mínimas absolutas con intensidades superiores a -5°C , con un período de recurrencia de una vez cada 30 años.

El área inepta se considera así, por no cumplir con 2 o más requisitos mínimos, ya sea por deficiente humedad, deficiente temperatura media estival, temperatura media invernal muy baja y/o heladas más severas que -5°C .

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Habría que ensayar en las áreas clasificadas como aptas para el cultivo de la especie, que resultan marginales para cultivos tradicionales, y verificar si se pueden obtener rindes de 5 t de aceite/ha y en las áreas clasificadas como marginales (como por ejemplo, parte de las provincias de San Juan, San Luis, La Rioja, Catamarca, etc.), si se logran obtener alrededor de 3 t de aceite/ha, como aporta la bibliografía australiana. De corroborarse similares rindes, se le deben sumar otras ventajas a esta especie como la posibilidad de cosecha mecanizada y la fijación de Nitrógeno atmosférico, mejorando la fertilidad de los suelos donde se la ha implantado.

Quedan por realizar ensayos geográficos para analizar el crecimiento y rendimiento de la especie, incluso hacer pruebas en la zona del Delta del Paraná y sectores aledaños a la Bahía de Samborombón, donde abundan suelos salinos, alcalinos, con problemas de drenaje, etc. (Natracuol típico, Hapludol taptonátrico y Hapludol taptoárgico), no aptos para los cultivos tradicionales, que podrían ser forestados con *algarrobo aceitero*.

La pampa deprimida, que está caracterizada por la secuencia climática de períodos secos y húmedos (Fallasca y Ulberich, 2003), constituye una extensa región con limitantes comunes, en diversos grados, entre los que se destacan el hidromorfismo, la alcalinidad, la salinidad y la profundidad efectiva del suelo por presencia de horizontes argílicos muy texturales. Los suelos con estas características condicionan en grado severo la aptitud de los mismos y de la región en sí, determinante principal de su producción eminentemente ganadera, básicamente de cría de baja productividad y tecnología, y recría (engorde de una parte de la propia producción), que podría beneficiarse implantando *Pongamia pinnata*, diversificando la producción y mejorando los ingresos del sector.



Figura 5. Temperaturas mínimas absolutas

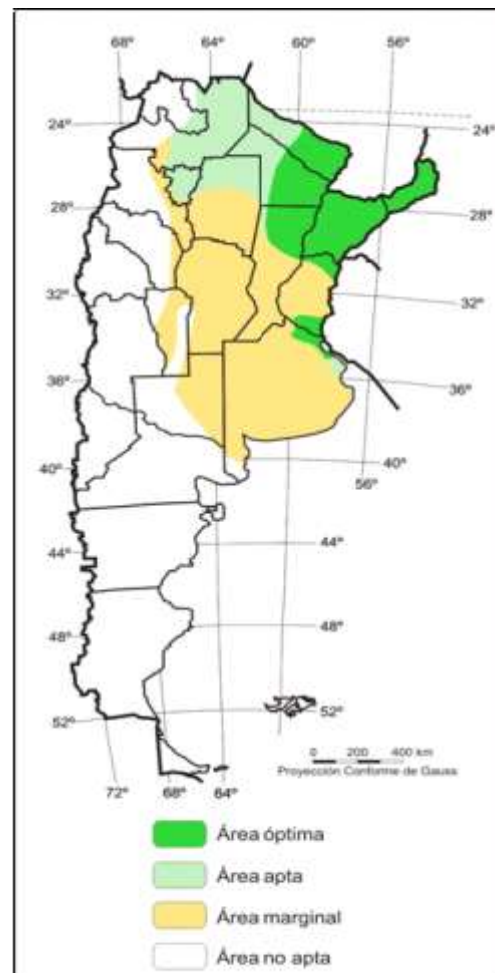


Figura 6. Aptitud aproximada para el cultivo de *Pongamia pinnata*

La Figura 6 aporta una visión panorámica del potencial de expansión del cultivo. Y a partir de esta zonificación se podrán efectuar mapeos con mayor detalle para la fase de producción. Es decir, que por la escala

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

de representación, no se descarta la posibilidad de existencia de islas cerradas con microclimas aptos ubicados a nivel provincial donde pueda cultivarse el algarrobo aceitero en condiciones de secano.

Tanto en la zona del Delta del Paraná, como en la Pampa Deprimida Bonaerense, la forestación con esta especie sería una explotación sustentable a largo plazo que podría generar ingresos sostenidos por períodos prácticamente indefinidos ya que la vida útil de la especie es de 80 a 100 años. Obviamente el factor económico y la rentabilidad jugarán un papel importante en la motivación por parte de los agricultores para la adopción de este nuevo cultivo.

No se analizó la posibilidad del cultivo con riego complementario, ya que la extracción intensiva de agua para regar bosques energéticos podría repercutir en la disponibilidad del recurso, especialmente en regiones subhúmedas a semiáridas. Las tendencias recientes señalan que es posible que los mercados de alimentos y de energía estén más firmemente vinculados en el futuro; de esta manera, las fluctuaciones de los precios de la energía provocarían cambios equivalentes en los precios de los alimentos.

Por todo lo expuesto, es importante que la generación de energía se base 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 y la competencia por la tierra y el agua. Por eso, la premisa básica para la producción de biocombustibles es utilizar tierras de baja productividad para no competir con el mercado alimentario.

Así como se demostró la aptitud agroclimática para este cultivo no tradicional en Argentina, podría hacerse extensivo para todos los países latinoamericanos ubicados a menores latitudes, empleando la misma metodología de trabajo, con la seguridad de identificar áreas óptimas de cultivo mucho más extensas que la delimitada para Argentina.

Resulta conveniente aclarar que el almacenamiento de CO₂ depende no solo de la especie arbórea y la densidad de plantación (Segura, 1999), sino también del tipo de suelo, del contenido de materia orgánica presente en el suelo, la edad de los árboles, los factores climáticos, el manejo del bosque, etc., es decir de las características intrínsecas de cada lugar geográfico.

Las oportunidades internacionales que se han abierto mediante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, abren la posibilidad del pago y venta del servicio ambiental que generan los bosques mediante el secuestro y fijación de los GEI. Desde el punto de vista ambiental, los proyectos de forestación o reforestación con algarrobo aceitero en áreas deforestadas de Argentina o en suelos con hidro y halomorfismo, permitirá obtener biodiesel al mismo tiempo que se podrá aumentar la capacidad de secuestro de los gases de efecto de invernadero de los GEI. Además jugarán un papel fundamental, no sólo aportando a la mitigación del cambio climático, sino contribuyendo al crecimiento del sector y al desarrollo sustentable del país.

Conclusiones

- Se han delimitado las áreas potenciales para la implementación de proyectos de forestación o reforestación con *Pongamia pinnata* en Argentina (óptimas, apropiadas y marginales para el cultivo) para producir biodiesel y para el secuestro de carbono asociado a la venta de certificados de reducción.
- Se recomienda efectuar investigaciones para poder cuantificar el crecimiento de la especie en las diferentes zonas del país y por lo tanto, la capacidad de almacenamiento y fijación de CO₂ con potencial a ser usada en bosques energéticos puros o en sistemas agroforestales.
- Por su adaptación a suelos inundables, salinos y resistencia a la sequía aconsejamos ensayarla en tierras marginales, en suelos erosionados o en riesgo de desertificación por mal manejo de toda América Latina, ya que aportarían una mejora en la fertilidad del suelo a la par de producir biodiesel y calificar para créditos de carbono.

Referencias

- Azam, M.M; Waris, A. and Nahar, N.M. (2005). Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass and Bioenergy* 29: 293-302.
- Agarwal, A. K. and Rajamanoharan, K. (2009). Experimental investigations of performance and emissions of Karanja oil and its blends in a single cylinder agricultural diesel engine. *Applied Energy* 86: 106-112.
- Brown, P. (1998). *Climate, biodiversity and forests: Issues and opportunities emerging from the Kyoto Protocol*. WRI, Forest Frontiers Initiative and IUCN. Washington, DC, USA. 36 p.
- Calvo A. (1998). Fijación de Carbono: Una aproximación Económica. *Revista Ciencias Ambientales*. 47 pp.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Falasca, S. y Bernabé, M.A. (2009). El reemplazo de la *Jatropha curcas* por *Pongamia pinnata* en Argentina. Actas. XVI Congreso Brasileiro de Agrometeorologia, 22 a 25 de Setembro de 2009. Minas Centro, Belo Horizonte, MG. Publicado en CD.
- Falasca, S. y Ulberich, A. (2003). Principales usos del suelo en un sector de la pampa deprimida bonaerense, República Argentina. Revista Geográfica del IPGH 134: 83-103.
- Francis, W. and Peter, MC. (1980). Fuels and fuel technology – a summarized manual. 2nd ed. Oxford: Pergamon Press.
- George, S. and Vincent, S. (2005). Comparative efficacy of *Annona squamosa* Linn. and *Pongamia glabra* Vent. to *Azadirachta indica* A. Juss against mosquitoes. Journal of Vector Borne Diseases 42: 159-163.
- Gresshoff, P..M. "Global Problems, Legume Biotechnology and Functional Genomics" –Australian Research Council Centre of Excellence for Integrative Legume Research. Disponible en: www.cilr.uq.edu.au
- Karmee, S.J. and Chadha A. (2005). Preparation of biodiesel from crude oil of *Pongamia pinnata*. Biore-source Technology 96: 1425-1429.
- Kabir, K.E; Islam F. and Khan, A.R. (2001). Insecticidal effect of the petroleum ether fraction obtained from the leaf extract of *Pongamia glabra* Vent. on the American cockroach, *Periplaneta americana* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae) International Pest Control 43: 152-154.
- Meera, B; Kumar, S. and Kalidhar, S.B. (2003). A review of the chemistry and biological activity of *Pongamia pinnata*. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences. 25(5):441–446.
- Nagaraj, G. and Mukta, N. (2004). Seed composition and fatty acid profile of some tree borne oilseeds. Journal of Oilseeds Research 21: 117-120.
- Nair, A.G. (2005). Estimation of carbon sequestered in *Pongamia pinnata* and *Eucalyptus* spp. M. Sc. Thesis, Forest Research Institute, Dehradun, India. P:47.
- Natanam, R; Kadirvel, R. and Chandrasekara, N, D. (1989). Chemical composition of karanja (*Pongamia glabra* Vent [P. pinnata]) kernel and cake as animal feed. Indian Journal of Animal Nutrition 6: 270-273.
- Ramadas, AS; Jayaraj, S. and Muraleedharan, C. (2004). Use of vegetable oils in I.C. engine fuels – review. Renew Energy; 29 (15):727–42.
- Scott, P; Pregelj, L; Chen, N and Gresshoff, P. (2008). *Pongamia pinnata*: an untapped resource for the bio-fuels industry of the future? Bioenergy Research. 1 (1) 2-11.
- Segura, O. (2000), El Sistema de Pago de Servicios Ambientales Peligra. Revista semestral de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional No 18. San José, Costa Rica.38p.
- Simonsen, H.T; Nordskjold, J.B.; Smitt, U.W; Nyman, U; Palpu, P. Joshi, P. and Varughese, G. (2001). In vitro screening of Indian medicinal plants for antiplasmodial activity. Journal of Ethnopharmacology 74: 195-204.
- Srivastava, A. and Prasad, R. (2000). Triglycerides-based diesel fuels. Renew Sust. Energy Rev. 4:111–33.
- Wani, S.P; Osman, M; Silva, E.D. and Sreedevi, T.K. (2006). Improved livelihoods and environmental protection through biodiesel plantations in Asia. Asian Biotechnology and Development Review. 8 (2): 11-29.