

# *Euphorbia tirucalli* L de especie ornamental a cultivo energético para zonas semiáridas de Argentina

Silvia Liliana Falasca\*  
María Angélica Bernabé\*\*

## Abstract

*Euphorbia tirucalli* L (pencil tree) is an extremely efficient species in photosynthesis because combine Crasulacean Acid Metabolism (CAM) whereas its leaves have an apparent C<sub>3</sub> metabolism. Such plants are typical for desert environments and are naturally adapted to salinity and drought conditions. They have high water use efficiency. Is a promising species for bioenergy production on marginal lands in desert conditions and irrigates by saline water.

The aim of the present paper was to delimit the capable zone for culturing of this species, giving special emphasis to marginal lands. For that, it was worked with bioclimatic necessities and biophysical limits of the species and climate data of Argentina for period 1981-2010. The overlapping of layers containing information about the spatial variability of bioclimatic indexes allowed us to obtain the map of agroclimatic aptitude for the bush tree.

Key words: *Euphorbia tirucalli* L, halophyte, bioclimatic requeriments, agroclimatic aptitude of Argentina, energy crop.

## Resumen

*Euphorbia tirucalli* L (árbol de los dedos) es una especie muy eficiente en la fotosíntesis porque combina el metabolismo del Ácido Crasuláceo (en inglés CAM) mientras que sus hojas poseen aparente Metabolismo C<sub>3</sub>. Este tipo de plantas son típicas de ambientes desérticos y están adaptadas naturalmente a condiciones de salinidad y sequía. Poseen alta eficiencia en el uso del agua. Es una especie promi-

\* Investigadora de CONICET, Instituto de Clima y Agua (INTA), Directora PREMAPA (CINEA), Facultad de Ciencias Humanas UNICEN, Argentina, correo electrónico: sfalasca@conicet.gov.ar

\*\* PREMAPA (CINEA), Facultad de Ciencias Humanas, UNICEN, Campus Universitario, Tandil, Argentina, correo electrónico: mbernabe@fch.unicen.edu.ar

soria para producción de bioenergía en tierras marginales y condiciones desérticas irrigadas con agua salina.

El objetivo del presente trabajo fue delimitar la zona apta para el cultivo de esta especie, dando especial énfasis a tierras marginales. Para ello se trabajó con las necesidades bioclimáticas y límites biofísicos de la especie y datos climáticos de Argentina para el periodo 1981-2010. La superposición de las capas conteniendo información sobre la variabilidad espacial de los índices bioclimáticos permitió obtener el mapa de aptitud agroclimática para el árbol de los dedos.

Palabras clave: *Euphorbia tirucalli* L., *halófito*, *necesidades bioclimáticas*, *aptitud agroclimática argentina*, *cultivo energético*.

## Introducción

El uso de la biomasa vegetal como materia prima para desarrollar fuentes de energía alternativas y nuevos productos químicos, en particular, es motivo de muchas investigaciones actuales a nivel mundial.

El científico Hister Calvin (quien recibiera el premio Nobel de Química en 1961) descubrió que *Euphorbia tirucalli* L posee en su interior un látex que contiene triterpenos que pueden ser usados para elaborar biocombustibles líquidos muy parecidos al petróleo. La transformación de ese látex produce petróleo bruto, que convenientemente refinado da lugar a una sustancia muy parecida a las naftas. Calvin asegura que una plantación de *Euphorbia tirucalli* L puede proporcionar hasta 10 metros cúbicos de petróleo bruto por hectárea y a un precio varias veces inferior al de aquél. Afirma además, que en el mundo existen por lo menos 2,000 especies similares a ésta, que podrían aportar látex aprovechable con fines energéticos.

*Euphorbia tirucalli* L se conoce con diferentes nombres comunes (en inglés: Indian tree spurge, naked lady, pencil tree, sticks on fire, milk bush; en filipino: bali bali; en francés: tirucalli, euphorbe effile, garde maison, arbre de Saint Sebastien; en hindú: sehund, thuhar, konpalsehnd; en somalí: dana; en español: palito, antena, esqueleto, alfabeto chino, árbol de los dedos; en portugués: aveloz, etc.). El nombre de *Euphorbia tirucalli* L fue descrito por primera vez por Linneo en 1753.

Se trata de un árbol nativo de África tropical (Angola, Eritrea, Etiopía, Kenya, Malawi, Mauricio, Rwanda, Senegal, Sudán, Tanzania, Uganda, Zanzíbar y Madagascar). Forma parte de un pequeño grupo de plantas coraliformes de las cuales la mayoría de las especies son nativas de Madagascar (Carter y Smith, 1988).

El árbol de los dedos fue introducido como una especie ornamental y se naturalizó en áreas tropicales y selváticas de Brasil, India, Indonesia, Malasia, Filipinas, Vietnam y otros países de África del Sur (Orwa *et al.*, 2009).

La planta suculenta, alcanza normalmente 3-5m de altura pero puede llegar a los 10m en ciertas ocasiones. El tronco principal y las ramas son leñosas pero las ramas

más jóvenes son verdes y cilíndricas, asemejándose a muchos lápices y derivando su nombre común: árbol del lápiz (Orwa *et al.*, 2009).

Generalmente los tallos están torcidos en un ángulo. Las hojas son diminutas y se caen temprano, siendo su función fotosintética realizada por las ramas verdes. Toda la planta produce una savia blanquecina altamente tóxica e irritante (Mitich, 1984). Esta especie contiene cantidades grandes de látex que se exuda por las ramitas frente a la menor lesión.

Las flores son diminutas y amarillentas; atraen pájaros, mariposas, abejas y otros insectos, responsables de su polinización. Las plantas suelen producir preferentemente flores masculinas. Las flores femeninas son mucho menos comunes. Las plantas con inflorescencias bisexuales también existen, aunque la flor femenina al parecer frecuentemente aborta (Orwa *et al.*, 2009).

El fruto es una cápsula con tres valvas. Se produce la dehiscencia de las cápsulas mientras todavía están en el árbol. Las flores aparecen en octubre y los frutos de noviembre a diciembre, en el Hemisferio Sur. Las semillas son glabras, ovas, aproximadamente de 4x3mm, de color castaño oscuro con una línea blanca alrededor de la carúncula blanca pequeña. Las semillas también son comidas por varias especies de pájaros (Lötter *et al.*, 2002).

*E. tirucalli* es una especie halófila muy resistente a la sequía y muy eficiente en la fotosíntesis debido a su fisiología fotosintética que combina el metabolismo del ácido crasuláceo (CAM) con la fotosíntesis a través de sus hojas como plantas C<sub>3</sub>. Al poseer metabolismo CAM transforma a la especie en un candidato prometedor para la producción de bioenergía en tierras marginales (Borland *et al.*, 2009) y que puede ser regado con agua salina. Además de la alta tasa de producción de biomasa en condiciones de desierto y con riego de agua salina, producen grandes cantidades de metabolitos secundarios que tienen potencial para ser convertidos directamente en biocombustibles por procesos químicos simples (Bohlmann y Keeling, 2008).

### **Usos**

En África, es una planta común en jardines. Su crecimiento rápido y espeso promueve su uso como cerca viva. Además es cultivada como repelente de insectos. Una infusión de la raíz se usa para dolores óseos y un cataplasma de la raíz o de hojas se emplea para úlceras nasales y hemorroides (Orwa *et al.*, 2009) y para curar fracturas de huesos (Kokwaro, 1976).

En India, el látex lo utilizan para el asma, tos, dolor de oídos, neuralgia, reuma, dolor de muelas y verrugas. En Brasil, además de usarse para quitar verrugas y tumores, se trata externamente el reuma. El látex se diluye en agua para usarlo en mordeduras de serpiente, tumores benignos y cancerosos. En Perú y en India, la

planta se usa mucho para los abscesos, el asma, el cáncer, cólicos, tos, dolor de oídos, neuralgia, reuma y dolor de muelas.

Se debe tener precaución en la toma de preparados medicinales hechos en base a esta planta debido a su alta toxicidad. Las ramas jóvenes pueden ser masticadas para el dolor de garganta. El jugo de la raíz hervida actúa como un emético en casos de mordedura de serpiente, y también para la esterilidad en las mujeres (Orwa *et al.*, 2009).

La infusión de las ramas más tiernas y de la raíz puede resultar eficaz en dolores gástricos. El látex se usa, en pequeñas dosis, como purgante en la India. En Tanzania se lo emplea contra la impotencia sexual (Harriët Schmelzer y Gurib-Fakim, 2008).

El látex posee propiedades insecticidas, molusquicidas y resulta venenoso para peces (Orwa *et al.*, 2009). En Ganjium, el arroz hervido mezclado con látex se emplea como avicida y raticida. El látex contiene químicos cáusticos e irritantes que causan reacciones en la piel, mucosas y ojos. Después que el mismo toma contacto con la piel, produce inflamación y quemado severo. La ingestión causa quemado e irritación de la boca y al digerirlo, produce diarrea. Al parecer, el uso medicinal imprudente de su látex ha causado fatalidades en África Oriental (Fuller y Mc Clintock, 1986).

Desde 1970 se ha promovido a la especie como una “cura” para el cáncer cuando el látex se ingiere o se usa externamente. Sin embargo en los Estados Unidos han afirmado que los extractos de *E. tirucalli* contienen una serie de ésteres de forbol diterpenoides tetracíclicos, muchos de los cuales han demostrado actuar como promotores tumorales (co-carcinógenos). Ese efecto co-cancerígeno en las células linfoblásticas plantea una verdadera amenaza en África donde el agua potable se extrae alrededor de estas plantas (Orwa *et al.*, 2009).

Durante la Segunda Guerra Mundial el látex se utilizó en el Sur de África en el desarrollo de un sustituto del caucho, pero resultó ser inestable y poco rentable debido al porcentaje demasiado alto de resina. La planta contiene 0.4% de caucho y 5.1% látex. Los productos fabricados con ese caucho eran de baja calidad. Los esfuerzos puestos por usar la resina en la fabricación de barniz también fracasaron porque el producto no era durable. El aceite obtenido a partir del látex se utilizó para linóleo, hule y en la industria de ropa de cuero.

La savia tiene un poder fijador fuerte y se utiliza en la costa oriental africana para la fijación de las láminas de cuchillo a mangos de madera y punta de lanza (Orwa *et al.*, 2009). Asimismo se conoce que los nativos de la región amazónica colombiana colocan látex en las puntas de su flecha para cazar y pescar. Ello produce una parálisis parcial en la presa, facilitando su captura. Dicho efecto se debe al accionar de un diterpeno que actúa a nivel de la cadena respiratoria inhibiendo la

NADH-oxidasa. Este fenómeno debería ser considerado a futuro como un posible método para el control de tumores cancerígenos (Fuller y Mc Clintock, 1986).

Como el árbol da poca sombra, resulta ideal en proyectos de agroforestería, permitiendo el *intercropping*. Cercas *Euphorbia tirucalli* L, pueden actuar como rompevientos, protegiendo el suelo desnudo en zonas secas de la erosión eólica e hídrica (Orwa *et al.*, 2009).

La madera es de color blanco y bastante dura. Se utiliza para juguetes, vigas y chapas. Los extractos de madera acuosos son antibióticos contra *Staphylococcus aureus* (Orwa *et al.*, 2009). *Euphorbia tirucalli* L, posee una importante actividad antiviral contra el virus del herpes, siendo importante que esos preparados no poseen efecto citotóxico.

Se cita a esta especie como una potencial fuente de energía desde hace 30 años (Duke, 1983; Nielssen *et al.*, 1977) cuya producción es altamente rentable (Calvin, 1980). Los ensayos preliminares se realizaron en Kenya con la compresión de la biomasa generando briquetas para la cocina en las zonas urbanas. Por la fermentación anaeróbica del látex de *Euphorbia tirucalli* L, puede ser producido metano (Depeyre *et al.*, 1994).

Su uso como fuente de hidrocarburos ha sido investigado por varios autores. El hidrocarburo del látex es en gran parte triterpenoides de C<sub>30</sub>, que produce buenos rendimientos en naftas (gasolinas) de alto octanaje.

## **Rendimiento**

Ya en 1941, científicos franceses (Steinheil, 1941, citado por Calvin, 1987) informaron rendimientos de 3t/ha aceite en especies marroquíes similares, *Euphorbia resinifera* (10,000 litros latex/ha). El aceite además, está prácticamente libre del azufre y otros contaminantes (Maugh, 1976).

Según Terol (1986) *Euphorbia tirucalli* L es un cultivo potencial con fines petroquímicos que puede producir 10.8 barriles de aceite por hectárea y por año, sin ninguna mejora agronómica y genética.

Esta planta viene siendo estudiada por Petrobras, la compañía de petróleo nacional en Brasil. Se piensa que el hidrocarburo producido por la planta podría usarse directamente en refinerías de petróleo. Según Calvin (1980) estas plantas crecen bien en regiones secas y se estima que las plantas podrían ser capaces de producir entre 10 y 50 barriles de aceite por acre.

El rendimiento de biomasa dependerá de la densidad de plantación, cantidad anual de precipitaciones y tipo de suelo. El valor bruto de energía de la biomasa es de 17,600kJ/kg. La biomasa se puede convertir en gas, combustibles líquidos y combustibles sólidos, tales como pellets, briquetas y carbón vegetal (Pasternak y Schlissel, 2001).

Una densidad de 10,000 a 20,000 plantas es normal cuando se cultiva como cultivo energético. Cuando se plantan a una distancia de 1mx1m produjo 120t/ha de material fresco y 14t/ha de materia seca después de un año, con un rendimiento 40 a 88kg de aceite crudo, 135 a 213kg de azúcar y 1.8t de bagazo (Orwa *et al.*, 2009).

En Tailandia el rinde obtenido fue de 150t/ha de peso fresco y 2.3t/ha de materia seca para cultivo en alta densidad (10,000 plantas/ha) en seis cosechas y de 25.5t/ha de peso fresco en cultivo de baja densidad (1,600 plantas/ha) en una sola cosecha (Harriët Schmelzer y Gurib-Fakim, 2008).

Otra especie de la misma familia, conocida como *Euphorbia lathyris* tiene grandes perspectivas pues de cada hectárea de cultivo se obtienen 29t de materia seca, de los cuales el 10% sirve para fabricar una especie de gasolina, el resto lo componen unos 5,800 litros de alcohol y 21t de celulosa (Calvin, 1987).

### ***Necesidades ecológicas***

*Euphorbia tirucalli* L es una especie muy bien adaptada a las condiciones semiáridas, pero también produce en bosque seco, bosque húmedo, la sabana y el matorral y soporta el estrés salino asociado a las condiciones costeras.

Crece mejor con temperaturas altas de 25 a 30°C y su distribución mundial parece estar limitada por las bajas temperaturas, que no deben ser alejarse mucho de los 0°C (Goo *et al.*; 1948). Habita naturalmente ambientes que presentan una precipitación anual de 250 a 4000mm, y una temperatura media anual que fluctúa de 21 a 28°C. Crece bien donde la precipitación anual es 250 a 500 mm y donde no haya heladas fuertes (Duke, 1983).

Soporta temperaturas de hasta 50°C y tolera heladas de hasta -4°C (Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO, 1993). Las variedades nativas de *Euphorbia tirucalli* L de Arabia, África Central y Occidental y las regiones tropicales y subtropicales de las Américas necesitan temperaturas más cálidas en invierno. Los biotipos de Madagascar y África Oriental pueden tolerar temperaturas más frías de invierno, aunque deben ser protegidos de las heladas. Los biotipos más tolerantes al frío son las que habitan África del Norte y del Sur. Algunos biotipos de Sudáfrica pueden sobrevivir las heladas si las temperaturas suben rápidamente a la mañana siguiente (Pasternak y Schlissel, 2001).

Las regiones del Sur de África y del Sur y sudoeste de Madagascar, donde crece naturalmente *Euphorbia tirucalli* L presentan clima BSh, clima estepario semiárido cálido y seco, con temperatura media mensual mayor a 0°C durante todo el año. En Madagascar la temperatura del mes más frío supera los 12°C (Pasternak y Schlissel, 2001).

Las plantas rebrotan de los tocones, así que replantar sólo podrían ser necesarios una vez cada 20 años (Maugh, 1976). Si lo que se busca es cosechar frutos, deberán

protegerse las plantaciones de las heladas, si acontecen temperaturas inferiores a 3°C (Goo *et al.*, 1948).

### **Materiales y métodos**

Conociendo las necesidades bioclimáticas de *Euphorbia tirucalli* L se procedió a buscar las potenciales áreas de cultivo empleando los datos climáticos de las estaciones meteorológicas y agrometeorológicas presentes en Argentina correspondientes al periodo 1981-2010.

Así se graficaron las variables:

- a) Precipitación media anual, clasificando con aptitud inepta cuando resulta inferior a 250mm, zona apta 1 cuando recibe de 250-500mm, y zona apta 2 con montos anuales superiores a 500mm.
- b) Cuando la temperatura media anual supera los 11.5°C califica como zona apta mientras que si es mayor que 21°C resulta una zona óptima.
- c) La temperatura media del mes más frío de invierno debe ser superior a 12°C para que resulte adecuada la zona de cultivo.
- d) Finalmente se consideraron como apropiadas las áreas que presentan la temperatura mínima anual media, iguales o superiores a -4°C.

Luego se superpusieron todas las mapas anteriores para obtener el mapa de aptitud agroclimática argentina con miras a una futura explotación comercial de *Euphorbia tirucalli* L.

A los fines de una mejor comprensión de los resultados para lectores no residentes en el país, se incluyó como Figura 1, un mapa político de Argentina, con la toponimia de las provincias.

### **Resultados y discusión**

La Figura 6 muestra las potenciales zonas para el cultivo de *Euphorbia tirucalli* L. La misma es el resultado de la superposición de las Figuras 2, 3, 4 y 5 correspondientes a la disponibilidad agroclimática representada por cada índice bioclimático. En ella se aprecia que las áreas óptimas abarcan la región mesopotámica (Misiones, Corrientes y Entre Ríos), las provincias del Norte argentino llegando hasta el centro del país (parte de Salta, Jujuy, Chaco, Formosa, Tucumán, La Rioja, Catamarca, Santiago del Estero, San Luis y Santa Fe) y Norte de la provincia de Buenos Aires.

Gran parte de la zona central de Argentina califica como apropiada con limitaciones para el cultivo ya que acontecen heladas con intensidades superiores a -4°C.

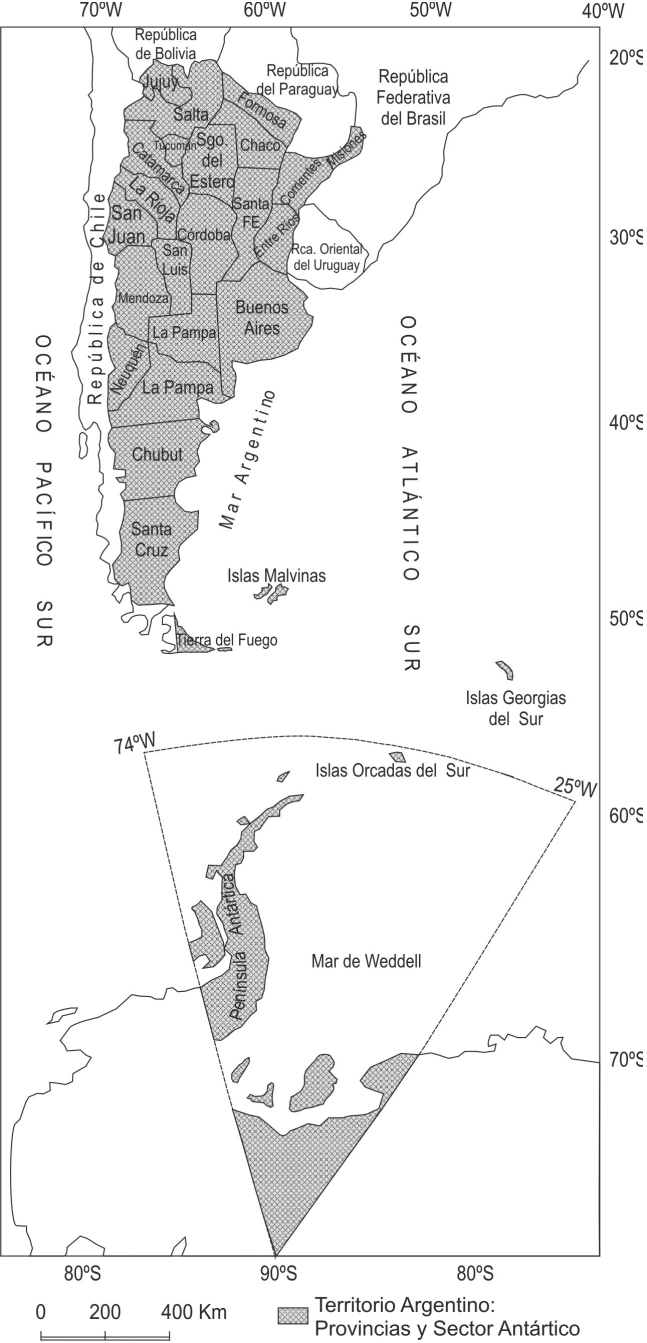
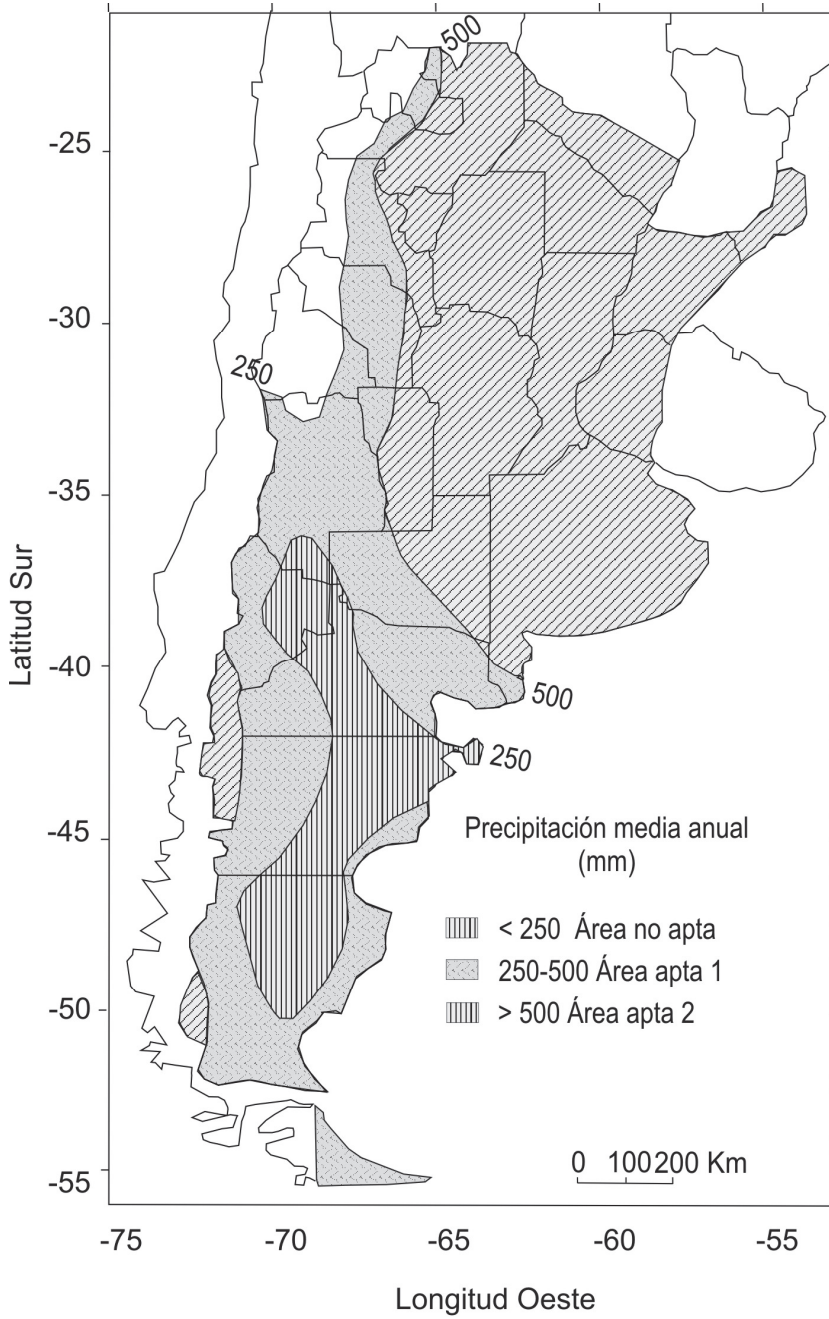


Figura 1. Mapa político de Argentina.





**Figura 2.** Precipitación media anual.

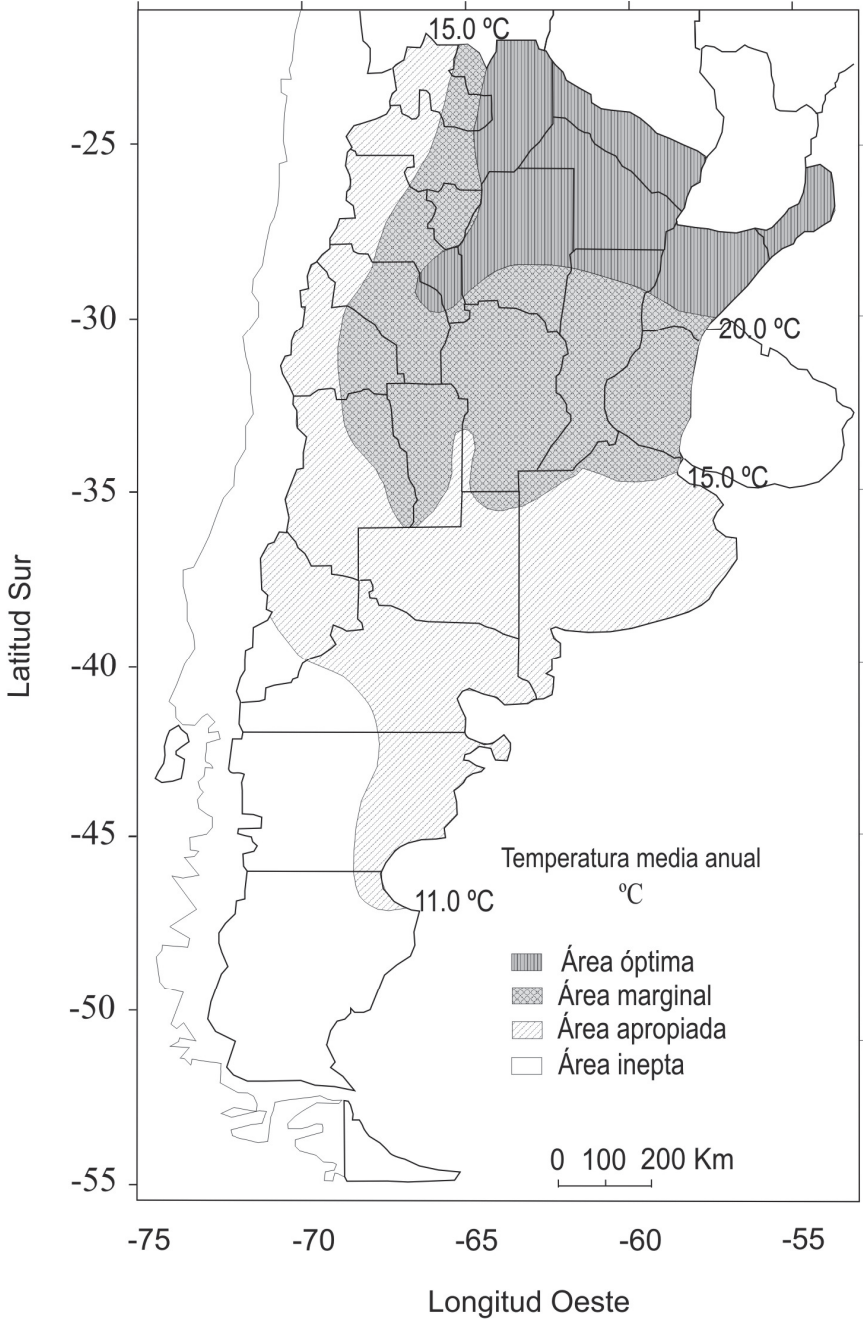
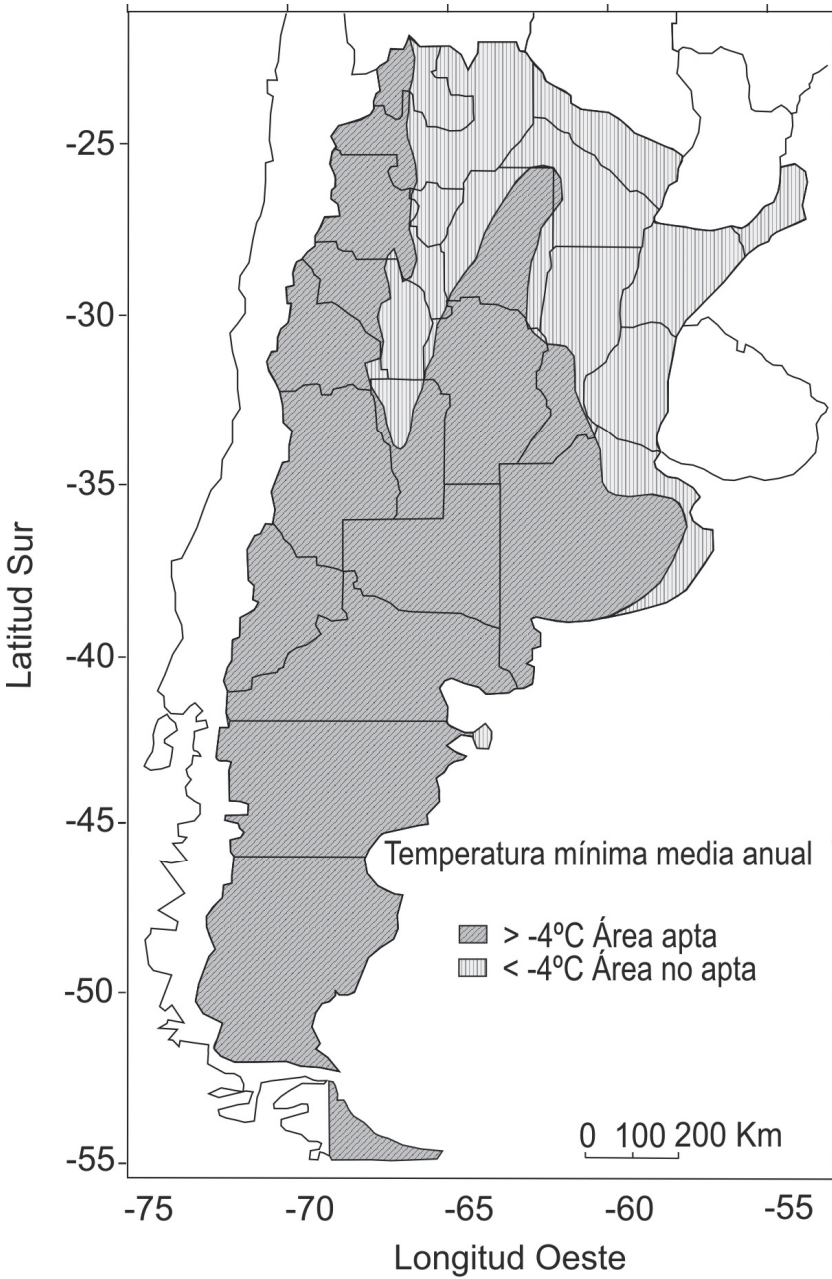


Figura 3. Temperatura media anual.



**Figura 4.** Temperatura mínima media anual.

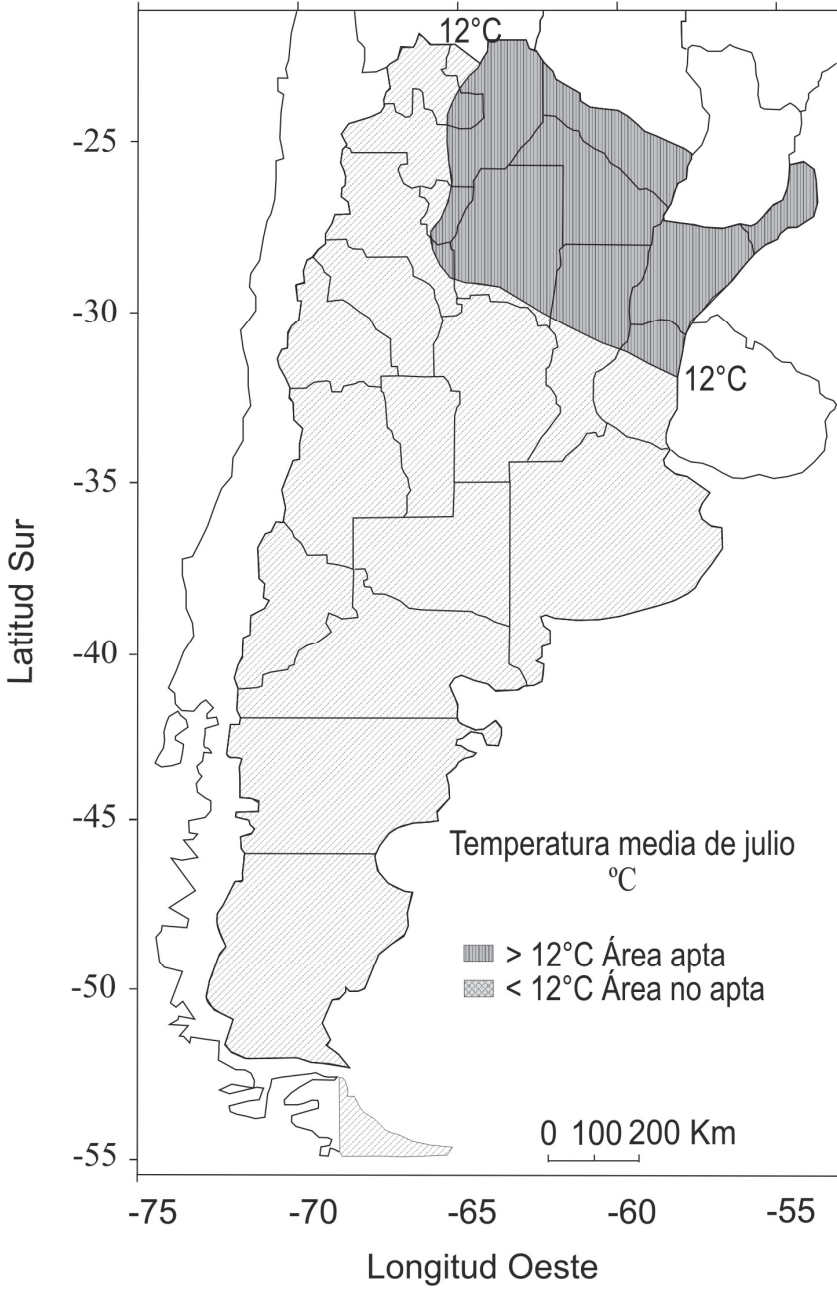
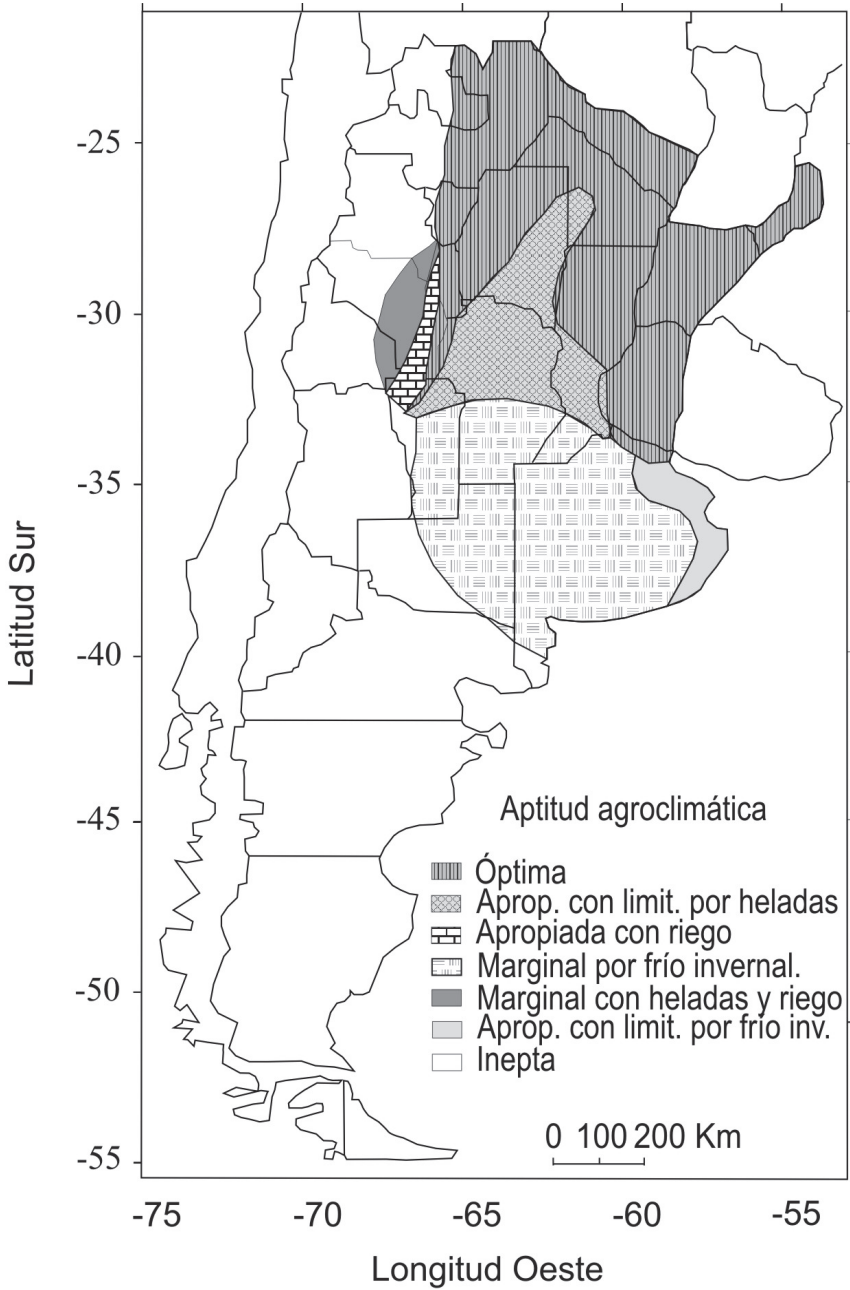


Figura 5. Temperatura media de julio.



**Figura 6.** Aptitud agroclimática cultivo de *Euphorbia tirucalli* L.

En el sector centro-oeste del país aparece delimitada una zona apropiada con riego. Como existe la posibilidad de regar con agua salina al árbol de los dedos, solamente deberá encararse el proyecto de riego con agua salina, sobre suelos salinos ubicados dentro de esta zona agroclimática.

En la parte oriental de la provincia de Buenos Aires, hay un sector calificado como área apropiada, que si bien goza de un régimen diferencial de heladas por el efecto de oceanidad que le imprime el Mar Argentino, presenta inviernos fríos, lo que constituye una limitación al crecimiento potencial de la *Euphorbia tirucalli* L, pero tratándose de un cultivo energético, no es de vital importancia alcanzar el crecimiento potencial. Bordeando todas las áreas mencionadas anteriormente, aparecen zonas marginales por heladas y/o por frío invernal.

Lo interesante de la Figura 6 es que muestra dentro del área óptima, sectores de la República Argentina que poseen clima BSh según la clasificación climática de Köppen, donde se registran temperaturas mínimas medias anuales de hasta  $-4^{\circ}\text{C}$ . Esos sectores comprenden parte de las siguientes provincias: Este de Salta, Oeste de Formosa, Oeste de Chaco, casi toda Santiago del Estero, noroeste de Córdoba y Este de Catamarca. Es decir, clima semiárido de estepa donde la aptitud agroclimática para el árbol de los dedos resulta óptima.

Hacia el Este, no se recomienda su cultivo por tratarse de tierras bajo condiciones de clima húmedo destinadas a la producción de cultivos tradicionales.

## Conclusiones

- La implementación de *Euphorbia tirucalli* L como cultivo energético presenta varias ventajas: su resistencia a la sequía, su alta tolerancia a la salinidad y su bajo requerimiento de insumos. Al ser una especie perenne disminuyen las labores culturales y por ende, la erosión del suelo. Además, como posee una vida útil de 20 años, no será necesario reimplantar el cultivo dentro de ese periodo.
- Recomendamos ensayar la especie en el Norte argentino bajo condiciones de clima semiárido (BSh), es decir en el Este de Salta, Oeste de Formosa, Oeste de Chaco, casi toda Santiago del Estero, noroeste de Córdoba y Este de Catamarca, donde la aptitud agroclimática para el árbol de los dedos resulta óptima desde el punto de vista agroclimático.
- Existe en el sector centro-oeste del país una zona delimitada con aptitud apropiada con riego. Podrá encararse el proyecto de riego de este cultivo energético con agua salina sobre suelos salinos ubicados dentro de esta zona agroclimática.
- Al no competir por tierras agrícolas, su difusión podría aumentar la productividad de los sistemas agrícolas situados en tierras marginales. Si estas tierras están anegadas, incluso, podría ayudar a bajar el nivel freático. Además por su metabolismo, podría contribuir a reducir el nivel de sales del suelo salino. Por lo tanto, la forestación con *Euphorbia tirucalli* L estaría ayudando a recuperar el

recurso suelo, que sería más productivo a causa de la disminución de agua y de la salinidad dentro del perfil, a la par de aportar biomasa y látex para producir biocombustibles sólidos y líquidos.

- Obviamente que la decisión final la tiene el agricultor. Se deberá analizar el impacto en la economía agrícola ante la posibilidad de que sea viable la implantación de esta especie desde el punto de vista económico. De nada valdría intentar imponer un cultivo, si el resultado económico proyectado para los productores es negativo.

### **Bibliografía**

- Bohlmann, J. and Keeling, C.I., “Harnessing plant biomass for biofuels and biomaterials: Terpenoid biomaterials”, *The Plant Journal*, 54:656-669, 2008.
- Borland, A.M.; Griffiths, H.; Hartwell, J. and Smith, J.A.C., “Exploiting the potential of plants with crassulacean acid metabolism for bioenergy production on marginal lands”, *Journal of Experimental Botany*, 60:2879-2896, 2009.
- Calvin, M., “Hydrocarbons from plants: Analytical methods and observations”, *Naturwissenschaften*, 67:525-533, 1980.
- , “Fuel oils from euphorbs and other plants”, *Botanical Journal of the Linnean Society*, vol. 94, Issue 1-2, pp. 97-110, 1987.
- Carter, S. and Smith, A.R., “Euphorbiaceae (Part 2)”, *Flora of Tropical East Africa*, A.A. Balkema, Rotterdam, 1988.
- Depeyre, D.; Isambert, A. and Sow, D., “Latex plants, a source of methane”, *Bio-futur*, 136:25-28, 1994.
- Duke J.K., “Handbook of Energy Crops”, disponible en: <[http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Euphorbia\\_tirucalli.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Euphorbia_tirucalli.html)>, 1983.
- FAO, 1993, “Indigenous multipurpose trees of Tanzania: uses and economic benefits for people”, disponible en: <<http://www.fao.org/documents/http://www.fao.org/documents/>>.
- Fuller, T. and Mc Clintock, E., *Poisonous plants of California*, University California Press, Berkeley, California, USA, 1986, 432 pp.
- Goo, M.; Kato, S.; Ikedo, H. y Jagi, K., “Arboriculture of *Euphorbia tirucalli*”, *Bulletin of the Tokyo University Forest*, no. 73, pp. 129-138, 1948.
- Haevermans, T., 2004, *Euphorbia tirucalli*, in: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species, version 2010.4 <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>, Downloaded on 14 March 2011.
- Harriët Schmelzer, G. and Gurib-Fakim, A., “Medicinal plants”, *Plant Resources of Tropical Africa*, 2008, 775 pp.
- Kokwaro, J.O., “Medicinal plants of East Africa”, *East African Literature Bureau*, 1976.

- Lötter, M.; Mc Cleland, W. and Schmidt, E., "Trees and shrubs of Mpumalanga and Kruger National Park", *Johannesburg*, Jacana, 2002.
- Mitich, L., "The succulent euphorbias: Poisonous and medicinal", *Euphorbia Journal*, vol. 2, Mill Valley, Strawberry Press, 1984.
- Nielsen, P.E.; Nishimura, H.; Otvos, J.W. and Calvin, M., "Plant crops as a source of fuel and hydrocarbon like materials", *Science*, 198:942-944, 1977.
- Orwa, C.; Mutua, A.; Kindt, R.; Jamnadas, R. and Simons, A., "Agroforestry Database: a tree reference and selection guide", version 4.0 (<<http://www.worldagroforestry.org/af/treedb/>>), 2009.
- Pasternak, D. and Schlissel, A., "Euphorbia tirucalli for high biomass production", *Combating desertification with plants*, Springer, Kluwer Academic/Plenum Publishers, 233 Spring Street, New York, 2001, 462 pp.
- Terol, S., "Effect of water and salinity stress on *Euphorbia Tirucalli L*", *Proceedings International Congress on Renewable Energy Sources*, Madrid, 1986.