

## Caracterización climática y edafológica en la zona de los ensayos de algarrobo y pecan de INIA Salto Grande

Carmen Goñi<sup>2</sup> y Alvaro Otero<sup>3</sup>

Uruguay no ha escapado a la preocupación general por realizar un uso cada vez más sustentable de sus recursos naturales (suelo, agua, biodiversidad). En los últimos años se observa una fuerte competencia por el uso de la tierra entre los sistemas productivos agrícola, ganadero y forestal, como consecuencia del avance territorial del cultivo de la soja y cuyo resultado se evidencia en los cambios de las fronteras agrícolas existentes y la revalorización de la tierra a nivel del país.

Esta situación plantea la necesidad de evaluar sistemas productivos alternativos satisfaciendo no solo objetivos productivos sino también ecológicos y económicos. Al definir un sitio en cualquier rubro debemos integrar no solo las características climáticas y de suelo sino también el manejo que hagamos del agro ecosistema como un todo, con las características de las especies que lo conforman.

En el proyecto “Desarrollo de estrategias de mejoramiento genético para la domesticación de especies forestales de alto valor”, la incorporación de especies promisorias no tradicionales como el algarrobo y el pecan al sistema forestal tradicional de pinos y eucalipto da la posibilidad de una evaluación de productos alternativos a los realizados hasta la fecha con la obtención de otros productos no madereros y de servicios ecosistémicos varios, como la reducción de los procesos de erosión, la fijación de carbono, etc. Estos productos serán en gran medida el resultado del manejo que se realice de los recursos disponibles.

La introducción y evaluación de nuevos rubros agropecuarios (algarrobo y pecan) en el sistema forestal abre una oportunidad de diversificación, innovación y de llegar a potenciar el sistema silvopastoril en la región y el país.

El pecan, *Carya illinoensis* (Koch) es una especie frutal perteneciente a la familia Juglandaceae al igual que el nogal común (*Juglans regia*), pero de origen americano. El cultivo de pecan, tal como muchos cultivos arbóreos, puede considerarse un sistema más sustentable que otras formas de agricultura, ya que no produce riesgos de erosión, y los requerimientos de uso de pesticidas son mínimos (Diver y Ames, 2000).

La incorporación del cultivo del pecan al manejo de sistemas silvopastoriles con actividades intercalares como ganadería, pasturas, crea sistemas más sustentables para el uso de la tierra y abre la oportunidad de la comercialización de un fruto que es altamente demandado en Estados Unidos y Europa.

---

<sup>2</sup> Programa Nacional de Investigación en citricultura. INIA-Salto Grande. Email: cgoñi@sg.inia.org.uy

<sup>3</sup> Programa Nacional de Sustentabilidad Ambiental. Email: aotero@sg.inia.org.uy.

Por otro lado, *Prosopis affinis*, el algarrobo (ñandubay) es una nativa ampliamente conocida en la región por la calidad de su madera, y que combina esta característica con la de ser una reconocida estabilizadora y mejoradora de suelo como fijadora de N (Ferrari *et. al.*, 2004). Su porte y sombra además lo hacen apto para su uso en sistemas silvopastoriles satisfaciendo los principios de bienestar animal.

El algarrobo no tiene restricciones climatológicas aunque se reporta que no se adapta a suelos mal drenados (Sabattini, 2002). El pecan por otro lado, si bien es capaz de crecer en una amplia gama de suelos, su mejor desarrollo y producción se logra en suelos moderadamente profundos, de texturas medias y livianas, con un rango de pH entre 5 a 8, sin salinidad ni alcalinidad en el perfil.

El árbol de nuez pecan está bien adaptado a zonas subtropicales y tiene buen crecimiento en áreas con inviernos cortos y fríos, y de veranos largos y muy cálidos. Se requieren bajas temperaturas en invierno y aún heladas para una buena floración, y las altas temperaturas durante el verano favorecen la formación del fruto (NDA, 2000). La literatura señala como condiciones óptimas de verano temperaturas mensuales máximas superiores a los 28 °C y durante el invierno menores a 23°C, y medias mensuales mínimas superiores a los 16°C en verano y menores a los 8°C durante el invierno.

Las zonas más adecuadas del cultivo se localizan en aéreas con inviernos cortos y fríos y veranos largos y cálidos con bajo riesgo de heladas tempranas y tardías y una humedad relativa inferior al 55% durante la mayor parte de la estación de crecimiento. Condiciones de muy alta humedad y precipitación le son desfavorables ya que el árbol de pecan tiene alta susceptibilidad al ataque de sarna.

## 1. Caracterización pedológica del sitio en ensayo

El módulo experimental está ubicado en una ladera media plana con 2-3% de pendiente. Se trata de un suelo clasificado como Argisol Distrito Ocrítico Abruptico, lo que para la clasificación americana es sinónimo de un suelo *Fine, mixed, superactive, thermic Typic Argiudoll*. Su descripción a taladro es la siguiente:

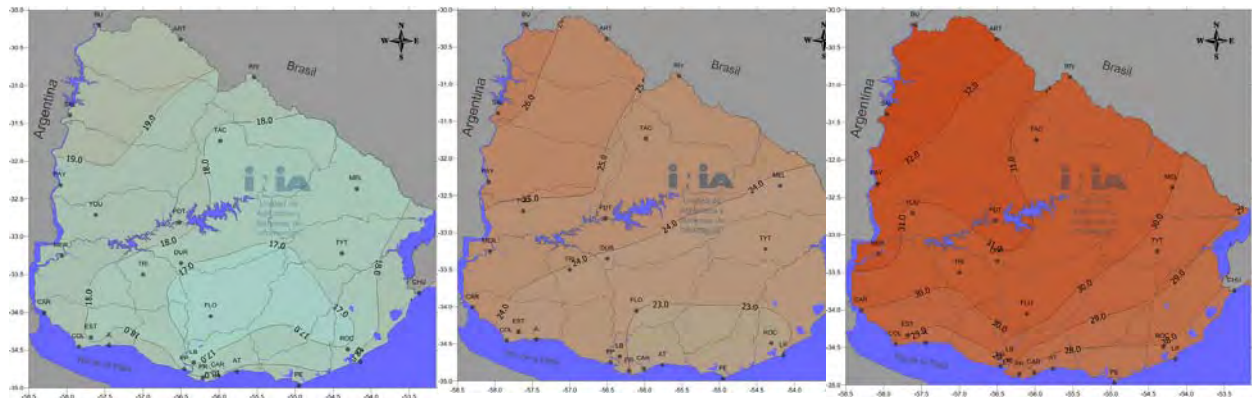
0-20 cm	A <sub>11</sub> , 10YR, FAr (c/arena gruesa), tr. gr., pHc 5.2-5.4.
20-32 cm	A <sub>12</sub> , 10YR 3/1.5, FAr, tr. ab., pHc 4.8-5.
30-42 cm	B <sub>1</sub> , 10YR 3/1.5, FAcAr p a AcAr, tr. cl., pHc 5.8.
40-60 cm	B <sub>21t</sub> , 10YR 2/1.5 c/moteados 10YR 3/4 y 4/4c, AcAr, tr.gr., pHc 6-6.2.
	60-75 cm B <sub>22t</sub> , 10YR 3/1.5 y 4/1 c/moteados 10YR 5/6ab, 2-3 t y n; Acp, tr.gr., pHc 6.2-6.4.
75-85 cm	B <sub>23t</sub> , 2/5 y 5/2 c/moteados 10YR 5/6 c, 2-3t, Acp, c/algo gravilla, tr.cl.
	85-103 cm B <sub>24t</sub> /B <sub>31</sub> , 10YR 4/1 y N5/0 c/moteados 10YR 5/8c 2-3 n, Acp, c/gravilla y grava común, conc Fe-Mn c2-3 fr, tr.gr., pHc 6.6-6.8.
103-115 cm	B <sub>32</sub> , 10YR 5/1 y 5YR 4/6, Ac, conc Fe-Mn c 2-3 d y fr, tr.gr.
115+ cm	C, 5 YR 4/7 y 7.5 YR 5/4, Ac, pHc 7.4.

Se trata de un suelo moderadamente profundo, de color pardo grisáceo con bajo contenido 1.2-1.8 % de MO, una CIC < 15 ppm, con una fertilidad natural de media a baja. La textura FAr del horizonte A, la profundidad total y la disponible para el arraigamiento de las raíces junto a su buena velocidad de infiltración del agua dada fundamentalmente por su macroporosidad tipificarían este suelo como de bajo riego de sequía. La ubicación topográfica, junto con la profundidad del horizonte A, y la buena permeabilidad e infiltración de agua de lluvia sitúan al suelo con un riego moderadamente bajo de erosión.

## 2. Caracterización climática del área del ensayo

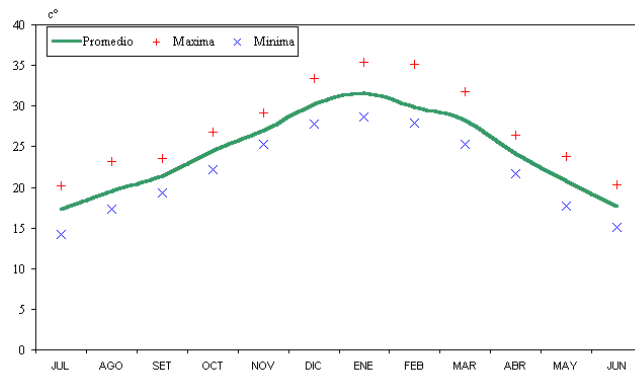
### 2.1. Temperatura

Uruguay se caracteriza con un régimen térmico con variaciones de Norte a Sur, como puede observarse en los mapas (figura 1) de las isotermas de temperaturas, mínimas, medias y máximas a nivel del país.

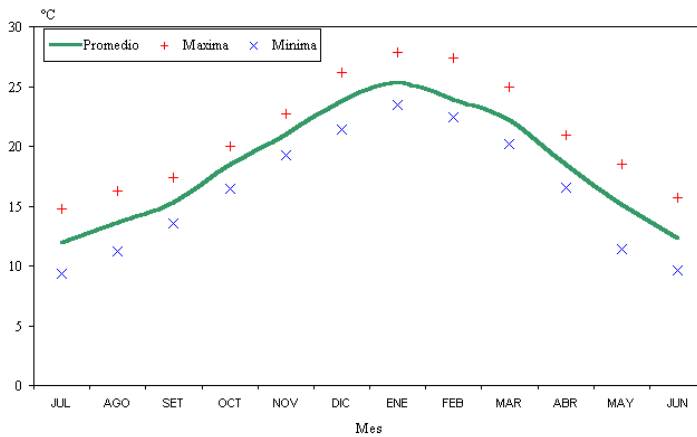


**Figura 1.** Isotermas de temperaturas mínimas, medias y máximas para Uruguay (INIA-GRAS).

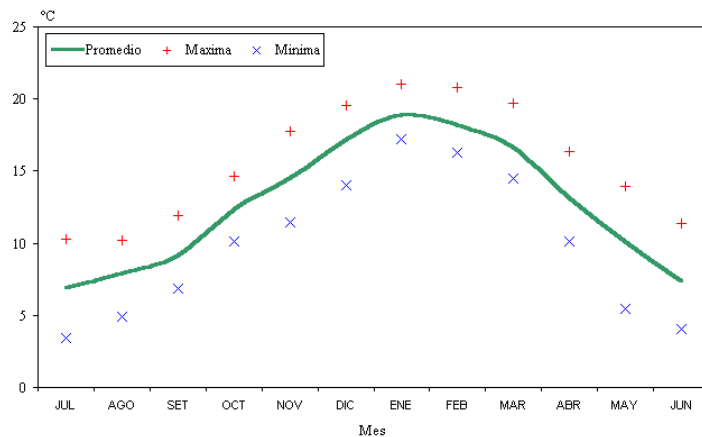
No todas las etapas fenológicas de las especies tienen requerimientos en el mismo rango de temperaturas. Las temperaturas máximas y mínimas afectan en grado diferente los procesos fisiológicos de crecimiento, floración, desarrollo del fruto y cosecha. A los efectos de observar la variabilidad de las temperaturas mínimas, medias y máximas durante el año se tomaron como referencia la serie histórica de las mismas para la estación agroclimatológica de INIA SG (figuras 2-4) y los datos de temperaturas de la Dirección Nacional de Meteorología para la ciudad de Salto (figura 5).



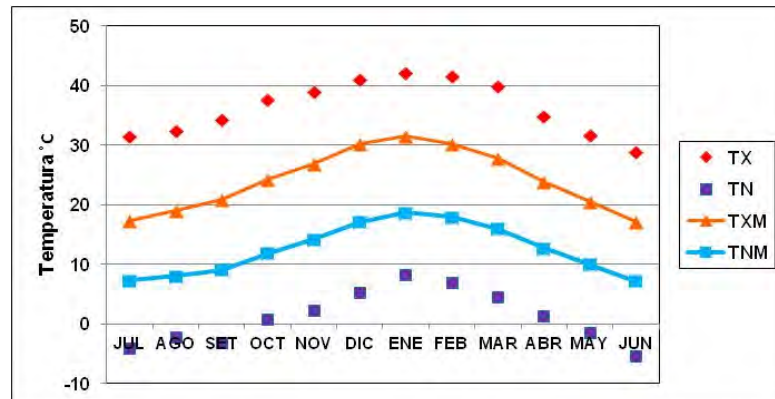
**Figura 2.** Temperatura máxima promedio mensual al abrigo (C°) y valores extremos registrados de la temperatura máxima en INIA SG período 1971-2007.



**Figura 3.** Temperatura media mensual al abrigo (C°) y valores extremos registrados de la temperatura promedio en INIA SG período 1971-2007.



**Figura 4.** Temperatura mínima promedio mensual al abrigo (C°) y valores extremos registrados de la temperatura mínima en INIA SG período 1971-2007.

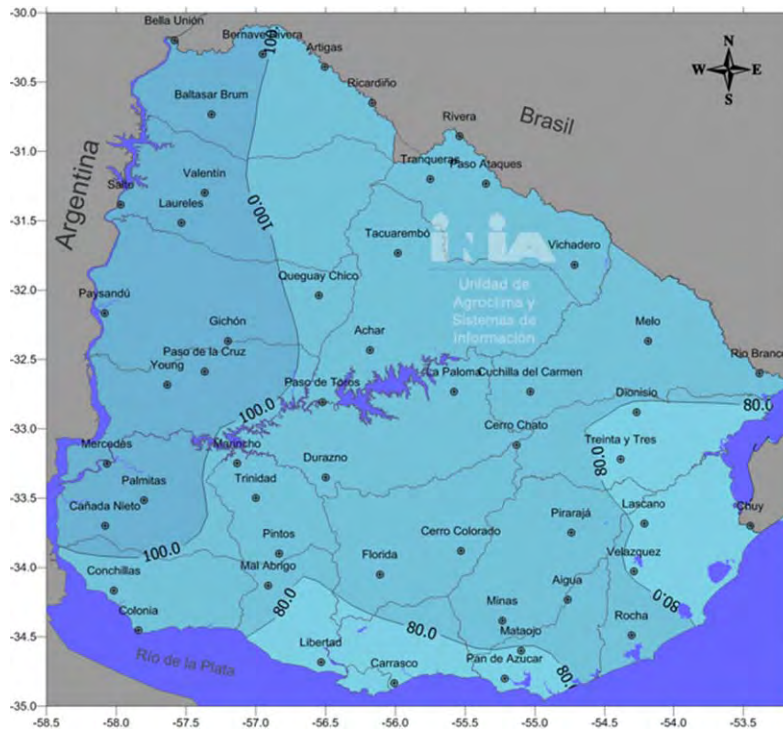


**Figura 5.** Temperaturas máximas y mínimas promedios mensuales (C°), para la ciudad de Salto del período 1961-1998, con valores extremos de mínimas y máximas (Dirección Nacional de Meteorología).

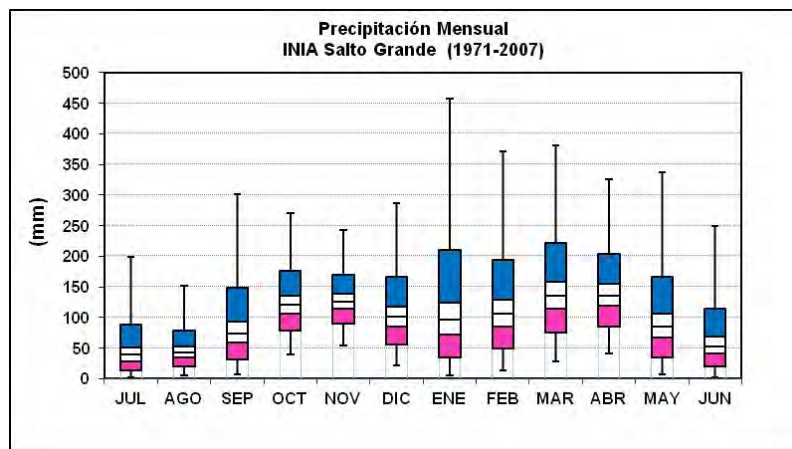
## 2.2. Precipitaciones

La pluviometría en la zona de del litoral norte del Río Uruguay alto se caracteriza por una alta variabilidad, entre años para el mismo mes bajo consideración, además de una alta dependencia de la pluviometría regional (meses de noviembre, diciembre y enero) al grado de intensidad del fenómeno Niño (ENSO). Esta alta relación entre las fases del Niño, por ejemplo no es tan claramente marcada en regiones del sur del país, como ser en la región de influencias de INIA Las Brujas.

La precipitación mensual media a nivel del país se sitúa en el rango entre los 100 y 80 mm (figura 6), sin embargo cuando se analiza la distribución mensual de las precipitaciones para un mismo mes en una localidad como INIA-SG, la variabilidad es aún superior. Una alta variabilidad caracteriza al mes de enero, con valores extremos de relevancia productiva, mientras que durante el periodo invernal (Jun-Jul-Ago) la precipitación promedio es menor que la de los restantes meses (figura 7)

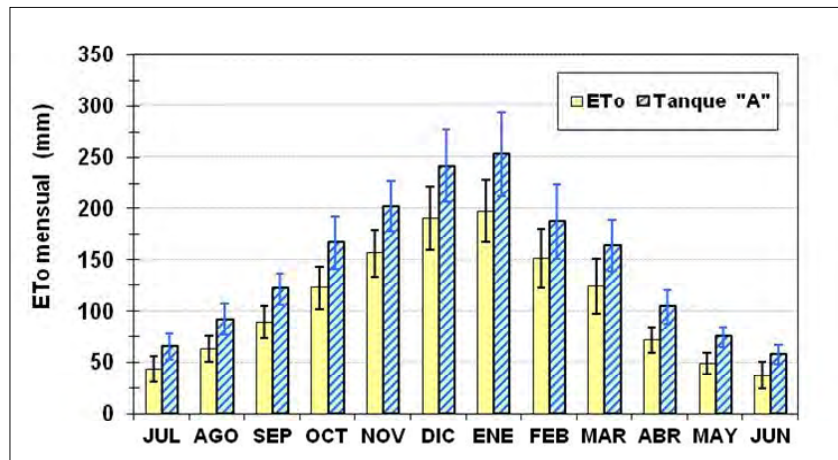


**Figura 6.** Precipitación media mensual a nivel del país



**Figura 7.** Distribución de la precipitación media mensual para la estación agrometeorológica de INIA SG (1971-2007).

A su vez si analizamos la evapotranspiración potencial (Penman) y el valor de tanque A en sus valores históricos para INIA SG, vemos que en el período estival (Nov-Dic-Ene) ocurren los valores máximos pero con una marcada menor variabilidad entre años para el mismo mes (figura 8).



**Figura 8.** Distribución mensual de la evapotranspiración de referencia (Penman Montith FAO56) y de la evapotranspiración de tanque A media mensual para la estación agrometeorológica de INIA SG. Período 1984-2007.

Las características de suelos junto con el desarrollo de las distintas etapas fenológicas de un cultivo resultan ser claves al momento de valorar la potencial adaptación de una especie en un sitio dado. El régimen térmico, la distribución de las precipitaciones y la evapotranspiración son variables de importancia al momento de definir el sitio y las prácticas de manejo a emplear.

Una de las mayores limitantes señaladas para el cultivo del pecan es quizás su innata condición de tener una producción alternante. Para disminuir este efecto alternante nada es más importante como lograr una equilibrada cosecha de alta calidad año tras año. Para eso es necesario tener en cuenta algunos otros requerimientos relacionados con las condiciones de suelo como la mantención de un adecuado nivel de fertilidad y el estado nutricional de las plantas. Al igual que otros cultivos alternantes el manejo de la carga (producción de fruta) y un adecuado nivel de fertilidad resultan ser fundamentales en amortiguar ese efecto.

También se ha reportado asiduamente para el caso de los pecanes la deficiencia de Zn (Herrera, 2005), situación que no es ajena en los cítricos del área. La disponibilidad, asimilación del Zn en el suelo está directamente relacionada al pH del mismo. Suelos de  $pH < 4.5$  o  $> 7.5$  tienen menor facilidad de que el Zn sea asimilado por un cultivo.

Toda producción precoz y a un ritmo sostenido a lo largo de los años de nueces de alta calidad requieren de un adecuado programa de fertilización. Según (Sparks *et al.*, 1997), una cosecha de  $1,2 \text{ Mg ha}^{-1}$  de nuez pecan remueve  $9,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno (N),  $2,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo (P),  $4,5 \text{ kg ha}^{-1}$  de potasio (K),  $0,03 \text{ kg ha}^{-1}$  de magnesio (Mg),  $0,03 \text{ kg ha}^{-1}$  de hierro (Fe), y  $0,04 \text{ kg ha}^{-1}$  de zinc (Zn).

Independiente del tipo de suelo, en especies perennes, el seguimiento anual del estado nutricional mediante el análisis de tejidos es altamente recomendable y es un mejor indicador del estado de suficiencia a no de un nutriente que el propio nivel de un análisis de suelo. El nivel en suelo de un nutriente determina el nivel potencial del nutriente, en cambio el nivel foliar integra el proceso de absorción por el cultivo. Es decir podemos tener un nivel adecuado en suelo, sin embargo por otras razones ese nutriente no está disponible para el cultivo, caso típico es el de nutrientes que se mueven y llegan a la raíz por flujo de masa, como por ejemplo, la disponibilidad de N para la planta en condiciones de seca. Las muestras foliares deben tomarse anualmente para hacer un buen seguimiento.

**Tabla 1.** Niveles de suficiencia para los elementos esenciales en Pecan

Nutriente	Nivel Optimo	Nutriente	Nivel Optimo
N %	2.70 - 3.50	Fe ppm	50 - 300
P %	0.14 - 0.30	Mn ppm	200 - 500
K %	1.25 - 2.50	Zn ppm	50 - 100
Ca%	1.00 - 1.75	Cu ppm	6 - 30
Mg%	0.30 - 0.60	B ppm	15-50
S%	< 0.2	J. Benton Jones Jr, B. Wolf y H. A. Mills	

### 3. Bibliografía.

**Diver, S y G. Ames.** 2000. Sustainable Pecan Production. NCAT- National Center for Appropriate Technology. <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/Pecan.pdf>.

**NDA.** 2000. Cultivating pecan nuts. National Department of Agriculture, South Africa. Compiled by Directorate Communication, National Department of Agriculture in cooperation with ARC-Institute for Tropical and Subtropical Crops. <http://www.nda.agric.za/docs/pecan/pecan.htm>

**Sparks, D y G.D. Madden.** 1997. Effect of the genotype on the elemental concentration of pecan leaves Hort Sci 12: 251-252.

**Herrera, E.** Pecan Orchard Fertilization . 2005. Guide H-602. NMSU and the U.S. Department of Agriculture.

**Ferrari, A. E. y G. Wall.** 2004. Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. Revista de la Fac. de Agronomía, La Plata 105(2). 63-87.

**Carvalho, M.M., Xavier, F.X., y Alvin, M.J.** Uso de leguminosas arbóreas en la recuperación y sustentabilidad de pasturas cultivadas <http://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6342s/X6432s00.pdf>.



**Sabattini, R. A., Muzzachiodi, N. y Dorsch, A.F.** 2002. Manual de prácticas de manejo del monte nativo. UNER. Paraná. E. Riós : 1-53.