

# XXVII JORNADAS DE JOVENS PESQUISADORES

A ciência e a tecnologia na produção de inovação e transformação social

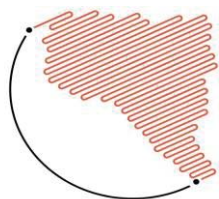
23 A 25 DE OUTUBRO DE 2019

**UFSCar | Brasil | 2019**

ISBN: 978-85-94099-11-2



Asociación de Universidades  
GRUPO MONTEVIDEO



## 19. Matemática Aplicada

### **Programa de computación para la realización de estimaciones anticipadas de producción citrícola del nordeste argentino**

Autor: Barrios Zarantonelli, Regina Ayelén; barriosreginaa@gmail.com.

Co-autor(es): Giménez, Laura Itatí; lauraitatigimenez@gmail.com.

Orientador: Giménez, Laura Itatí; lauraitatigimenez@gmail.com.

Facultad de Ciencias Agrarias

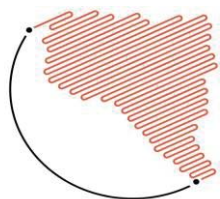
Universidad Nacional del Nordeste

---

#### **Resumen**

El objetivo de este trabajo fue elaborar un programa de computación que realice estimaciones anticipadas de la producción citrícola del nordeste argentino. Se realizó una revisión de los trabajos publicados, presentaciones en reuniones científicas, notas técnicas, monografías, tesinas, informes de convenios entre 2003 y 2018 de la Cátedra de Cálculo Estadístico y Biometría de la FCA-UNNE. Se diseñó el protocolo para la toma de datos y se elaboró la secuencia de pasos que conducen a la estimación anticipada (base para el Diagrama de Flujo). Dichos pasos son 1. Ingreso de los parámetros iniciales del programa. 2. Cálculo de la media y desvío estándar. 3. Cálculo de  $LI = \bar{x} - 1,35\sigma$  y  $LS = \bar{x} + 1,35\sigma$ . 4. Discriminación de los diámetros, los que se encuentre por encima de LS se agrupan como tamaño grande, los que se encuentren por debajo de LI se agrupan como tamaño pequeño, el resto como tamaño mediano. 5. Elección del modelo de crecimiento para obtener el diámetro del fruto al momento de la cosecha, este modelo difiere según tamaños, especie, variedad, edad, suelo. 6. Con ese valor de diámetro en cada grupo se utiliza el modelo de relación peso-diámetro para determinar el peso, este modelo también dependerá de la especie y variedad elegida. 7. Con los datos de la estimación de carga de los árboles se realizará un promedio de los 7 árboles. A lo cual se va a distribuir en los porcentajes de tamaño que se obtienen del punto. 8. Estimación del Kg por árbol: Con los pesos encontrados en el punto 6, uno para cada tamaño, se multiplicarán por la carga que tiene cada tamaño, 83% medianos, 9% pequeños y 8% grandes. 9. Determinación de la cantidad de árboles en la hectárea ( $10.000m^2$ / marco de plantación). 10. Estimación de la producción= Kg por árbol x cantidad de árboles.

Palabras claves: Modelos, Crecimiento, Diagrama.



## Introducción

Los avances en modelos de simulación y análisis inteligente de datos posibilitan la aplicación de herramientas informáticas para realizar estimaciones de producción. Lo cual es importante en la planificación de todo el ciclo productivo y comercial, para ser competitivo en los mercados nacionales e internacionales. Es de gran valor el empleo de una herramienta virtual, libre de riesgo, simple, económica, adaptable y que abarque la multiplicidad de variables y restricciones presentes en toda actividad productiva.

Avanza, et.al (2008) han evaluado el ajuste de modelos no lineales a curvas de crecimiento construidas para una determinada región de la provincia de Corrientes, Argentina. La función que presentó el mejor ajuste fue el modelo logístico, con la cual se han elaborado tablas de crecimiento para dicha variedad.

En lo referido a métodos de estimación de carga en la provincia de Corrientes, Avanza (2011) determinó que el método que mejor estima el número de frutos es el recuento total de frutos aunque no difirió significativamente de otra metodología que es el marco contador que también presenta errores de estimación aceptables y resulta de mayor aplicabilidad práctica. En cuanto a la relación peso-diámetro se demostró que el modelo que mejor ajusta dicha relación es el modelo potencial, para variedades de naranjo, mandarino y limonero en la provincia de Corrientes.

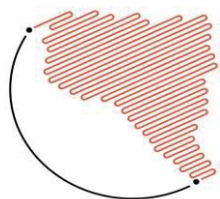
## Objetivos

Objetivo General:

El objetivo de este trabajo fue elaborar un programa de computación que realice estimaciones anticipadas de la producción cítrica del nordeste argentino que permita a los productores y asesores de empresas cítricas estimar su producción y utilizar esta información para la planificación.

Objetivos Específicos:

- Sistematizar información disponible en la Cátedra de Cálculo Estadístico y Biometría de la FCA-UNNE referidas a e diferentes especies y variedades cítricas del nordeste argentino sobre: 1) Modelos de crecimiento de frutos, 2) Modelos de relación peso diámetro, 3) Métodos y momentos de estimación anticipada de la carga y 4) Tamaño de muestras para árboles y frutos dentro de cada uno de ellos.
- Diseñar un diagrama de flujo que dé como resultado la estimación anticipada de la cosecha.



## **Materiales y Métodos**

Se realizó una exhaustiva revisión de los trabajos publicados, presentaciones en reuniones científicas, notas técnicas, monografías, tesinas, informes de convenios desde el año 2003 hasta el presente año, en los archivos de la Cátedra de Cálculo Estadístico de la FCA-UNNE. También se realizó una revisión de las bases de datos con información producción cítrica. Posteriormente se ordenó toda la información referida a: modelos de crecimientos de los frutos, modelos de relación peso-diámetro, métodos y momentos de estimación anticipada de carga (cantidad de frutos por árbol), tamaños de muestras para árboles y frutos, distribución de tamaños de frutos en el árbol, y otros trabajos basados de estimación de la producción.

Se diseñó un protocolo para la toma de datos para realizar las estimaciones de cosecha y se elaboró la secuencia de pasos para realizar el pronóstico. Esto constituye la base de para realizar el Diagrama de Flujo y luego pasarlo a un lenguaje de programación.

Se utilizó la planilla Excel y el software InfoStat versión 2018 para el ordenamiento y análisis de la información.

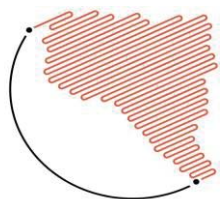
## **Resultados y Discusión**

De la sistematización de la información disponible referidas a diferentes especies y variedades cítricas del nordeste argentino se obtuvo el siguiente detalle de los resultados obtenidos hasta la fecha.

Naranja 'Valencia late': Se determinaron modelos de crecimiento de frutos, modelos de relación peso-diámetro, métodos y momentos de estimación anticipada de la carga y tamaño de muestras para árboles y frutos dentro de cada uno de ellos. Mandarino 'Tangor Murcott': Modelos de crecimiento de frutos, modelos de relación peso diámetro, métodos y momentos de estimación anticipada de la carga. Limón 'Eureka': Modelos de crecimiento de frutos, modelos de relación peso diámetro. Se continúa evaluando otros modelos. Actualmente se está trabajando con modelos para Naranja 'Salustiana'.

### Determinación del tamaño del fruto a cosecha

Los modelos que mejor describen el crecimiento de frutos dependen entre otros factores de la especie y la variedad. Como resultado de los trabajos realizados por integrantes de Cátedra Cálculo Estadístico y Biometría se presentan los modelos agrupados por especie y variedad:



Naranja 'Valencia Late' el modelo encontrado fue la quinta-reparametrización del

Modelo Logístico

$$y = 1 / (\alpha + \exp(\beta) \gamma^x)$$

PARÁMETROS	ESTIMACIÓN DE LOS PARAMETROS AGRUPADOS EN TAMAÑOS		
	Pequeño (p)	Medio (m)	Grande (g)
$\alpha$	0,0158	0,01425	0,01285
$\beta$	-2,5966	-2,7433	-2,91415
$\gamma$	0,98465	0,9851	0,9857

Mandarino 'Tangor Murcott': el Modelo Logístico		Limonero 'Eureka': el Modelo Monomolecular	
$y = \alpha / (1 + \exp(\beta - \gamma x))$		$y = \alpha * (1 - \beta * \exp(-\gamma x))$	
PARÁMETROS	ESTIMACIÓN	PARÁMETROS	ESTIMACIÓN
$\alpha$	60,02	$\alpha$	55,84
$\beta$	8,11	$\beta$	1,51
$\gamma$	0,035	$\gamma$	0,02

Actualmente se están ajustando los modelos para limón 'Eureka' y naranja 'Salustiana'.

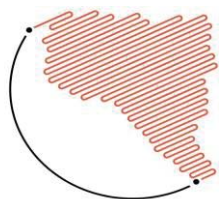
El modelo que mejor describe la relación peso-diámetro es el Modelo Potencial:  $y =$

$$\alpha * x^\beta,$$

PARÁMETROS	Naranja 'Valencia Late'	Mandarino 'Tangor Murcott'	Limonero 'Eureka'
A	0,00218	0,0037	0,0017
B	2,6765	2,73	2,82

### Distribución del tamaño de los frutos

Asumiendo que el diámetro de los frutos tiene una distribución normal, para todas las



especies y variedades estudiadas, los frutos se categorizan de acuerdo al tamaño, para esto se considera que en el intervalo  $\bar{x} \pm 1,35\sigma$ , se encuentra el 83% de los frutos, por encima del límite superior del intervalo se encuentra el 8% y por debajo del límite inferior el 9%.

### Descripción de estimación de la producción

Para la estimación de la producción en un lote, se utilizará el siguiente el modelo simplificado: Producción= N° árboles x N° frutos/árbol x peso promedio frutos. El número de árboles se determinará teniendo en cuenta la superficie, el marco de plantación y el porcentaje de plantas enfermas, replantes, etc.

El número de frutos por árbol se realizará un promedio de la muestra solicitada al productor. El peso promedio se determinará a través del diámetro estimado al momento de cosecha (función que relaciona el peso y el diámetro) y el diámetro estimado será estimado teniendo en cuenta la función de crecimiento correspondiente.

Como la metodología propuesta está basada en mediciones objetivas a nivel de lote, se describe a continuación las variables necesarias para alimentar el programa y la forma de obtenerlos.

Variables: Superficie del lote, Marco de plantación, Especie, Variedad, Portainjerto, Edad, Riego, Tipo de Suelo, Porcentaje de: plantas faltantes, replantes, reinjertos o cambio de copa y plantas enfermas, Fecha de plena floración, Fecha de medición, Fecha estimada de cosecha, número de frutos por árbol, diámetro de frutos 120 días previo a la cosecha, según el protocolo indicado a continuación:

### Protocolo para obtener el número de frutos por árbol y los diámetros de los frutos

1. Se selecciona 7 árboles representativos del lote, se sugiere el esquema siguiente:

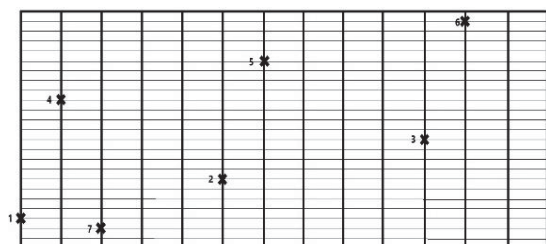
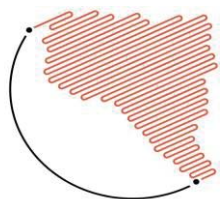


Figura 1. Ejemplo de un muestreo sistemático con arranque aleatorio para la elección de árboles.

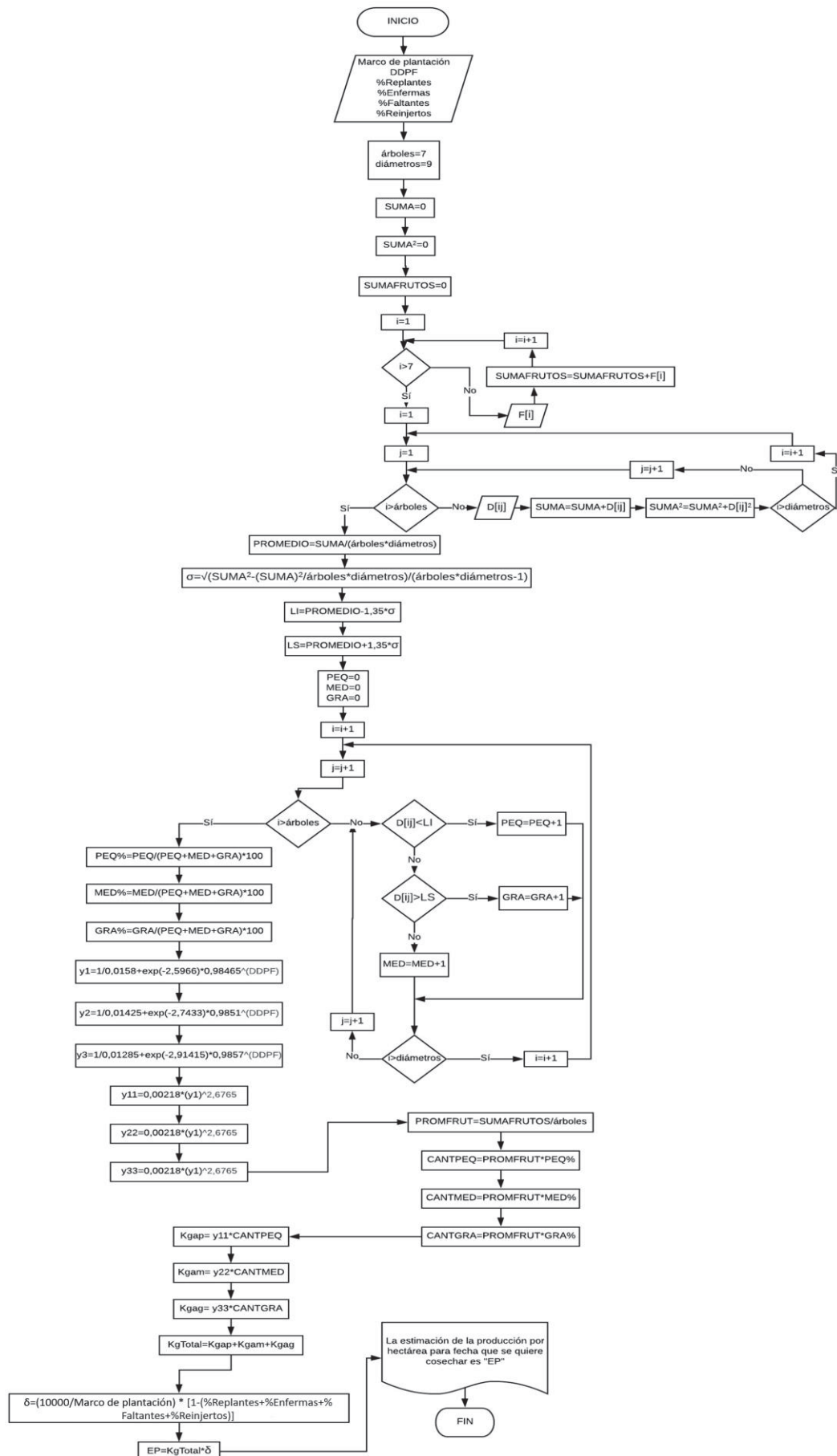
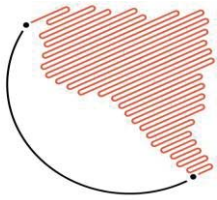
2. Determinar la carga con el método del recuento total. Se necesitarán dos operarios cada uno con un contador manual y simultáneamente, deben rodear el árbol y registrar el número de frutos observados para luego promediar esos valores siempre que la diferencia entre los datos no sean superior a un 15%, si fuera superior es necesario repetir el conteo. Luego en cada árbol, se seleccionan 3 frutos pequeños, 3 medianos y 3 grandes en forma visual y se registra el diámetro ecuatorial de cada fruto. Se debe tener en total 9 diámetros



por árbol totalizando 63 datos diámetros.

### Pasos secuenciales que conducen a la estimación anticipada (base para el Diagrama de Flujo)

1. Ingreso de los parámetros iniciales del programa.
2. Cálculo de la media y desvío estándar.
3. Cálculo de  $LI = \bar{x} - 1,35\sigma$  y  $LS = \bar{x} + 1,35\sigma$ .
4. Discriminación de los diámetros, los que se encuentre por encima de LS se agrupan como tamaño grande, los que se encuentren por debajo de LI se agrupan como tamaño pequeño, el resto como tamaño mediano.
5. Elección del modelo de crecimiento para obtener el diámetro del fruto al momento de la cosecha, este modelo difiere según tamaños, especie, variedad, edad, suelo.
6. Con ese valor de diámetro en cada grupo se utiliza el modelo de relación peso-diámetro para determinar el peso, este modelo también dependerán de la especie y variedad elegida.
7. Con los datos de la estimación de carga de los árboles se realizará un promedio de los 7 árboles. A lo cual se va a distribuir en los porcentajes de tamaño que se obtienen del punto 4.
8. Estimación del Kg por árbol: Con los pesos encontrados en el punto 6, uno para cada tamaño, se multiplicarán por la carga que tiene cada tamaño, 83% medianos, 9% pequeños y 8% grandes.
9. Determinación de la cantidad de árboles en la hectárea ( $10.000m^2$ / marco de plantación).
10. Estimación de la producción= Kg por árbol x cantidad de árboles.



## Conclusiones

Los datos experimentales permitieron ajustar modelos a condiciones agroambientales particulares (tipo de suelo, marco de plantación, variedad, portainjerto, edad de la planta,