UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente

PROGRAMA DE AJUSTE DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD A DISTRIBUCIONES DE DIAMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (DAP) EN DBASE IV

por

JORGE ANDRES HOLDER HOLDER

MEMORIA DE TITULO PRESENTADA A LA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD DE CONCEPCION PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO FORESTAL

Concepción - Chile
1996

PROGRAMA DE AJUSTE DE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD A DISTRIBUCIONES DE DIAMETRO A LA ALTURA DEL PECHO (DAP) EN DBASE IV

Profesor Asesor

Jaime García Sandoval.
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal.

Director de Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente

Fernando Drake Aranda.
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal.

Decano Facultad de Ciencias Forestales

Jaime García Sandoval.
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS | PAGINA

INDICE DE TABLAS

INDICE DE FIGURAS

<u>En el anexo</u>

I INTRODUCCION

Expresiones matemáticas que describen distribuciones de frecuencia se utilizan para la modelación de la distribución de diámetro.

Una aproximación común está basada en el uso de distribuciones de probabilidad tales como la distribución normal y weibull, donde los valores de los parámetros son estimados con alguno de los métodos de estimación existentes (máxima verosimilitud, momento, ect,.). Para posteriormente, por medio de dócimas de bondad de ajuste, seleccionar un modelo de distribución diamétrica.

Los métodos de estimación involucran el uso de procedimientos numéricos iterativos para el cálculo de parámetros, de aquí es posible identificar los beneficios potenciales que se pueden llegar a obtener al disponer de programas utilitarios para la modelación matemática de las distribuciones de diámetro; proporcionando mayor rapidez en el tiempo de respuesta, disminución de errores humanos y agilización del proceso de toma de decisiones.

Varias rutinas computacionales que se han diseñado para modelar la distribución diamétrica; por ejemplo, BETKLA (Loetsch *et al*., 1973) para la distribución beta, FITTER (Bailey, 1974) y GINO (Gove y Fairweather, 1989) para la distribución weibull, muestran que programas computacionales son una herramienta posible de utilizar obteniendo los beneficios anteriormente identificados.

La gran cantidad de información que es generada por las empresas, centros de investigación, etc., ha llevado a la utilización de sistemas de gestión de bases de datos (SGBD); para organizar y manipular inmensas cantidades de datos.

Uno de los SGBD más conocidos es dBASE. Este programa está diseñado para ser utilizado por ordenadores personales, para mantener y manipular datos almacenados en bases de datos relacional.

La información en la base de datos relacional puede ser manipulada y analizada en forma de procesos interactivos o por programas, donde este último proceso se define por un grupo de mandatos almacenados en un fichero de mandatos y estos son posteriormente ajecutados en serie.

Dentro de las características que presenta el dBASE IV une la facilidad de generar programas que definen procesos numéricos específicos con datos almacenados, así como en el diseño de pantallas de entrada de datos y de salida de resultados de forma que el usuario lo pueda utilizar sin mayor conocimiento de programación, pues se desarrollan programas donde se pueden seleccionar diferentes operaciones a través de menús autoexplicativos.

II REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Distribución diamétrica

Los árboles de un rodal pueden ser agrupados dentro de ciertos intervalos de diámetros, estableciendo así una distribución de frecuencia diamétrica. Esta distribución de frecuencia diamétrica no establece relación entre los diámetros de los árboles y ciertas cantidades como lo hacen, por ejemplo, las curvas de altura-dap, pero indica la frecuencia de una variable específica dentro de un intervalo de diámetro (Loetsch *et al*., 1973).

La distribución diamétrica unimodal que caracteriza a los rodales de edad uniforme es de forma de montaña. Pues estos rodales, en general, presentan un dosel uniforme de copas, donde los árboles más pequeños son miembros altos y delgados; el mayor número de fustes cae dentro de una clase diamétrica representada por el promedio del rodal y son pocos los árboles que están por encima o por debajo de ésta media (Daniel *et al*., 1982).

Para los rodales de edad no-uniforme, el modelo que mejor representa a la distribución diamétrica es el de forma de j-invertida; ya que, el mayor número de fustes se encuentra dentro de las clases de diámetro inferiores; ese número decrece de modo más o menos regular a medida que aumenta el tamaño, de manera que al final quedan apenas un grupo pequeño de árboles de mayor tamaño (Daniel et al., 1982).

Durante el desarrollo de un rodal de edad uniforme, en los primeros estados, los diámetros de los árboles están distribuídos aleatoriamente alrededor de un tamaño medio. Pero muy pronto, factores impiden o estimulan el crecimiento, perturbando el balance del crecimiento de los árboles en toda la población. Algunos árboles crecen a una mayor tasa, por condiciones favorables de tipo genético y de micro sitio; resultando un distribución de forma de montaña con desviación positiva. Además, como los diámetros son medidos a la altura del pecho (1.3 m) y por la acción de la competencia, el efecto de la desviación se hace más acentuada hasta alcanzar un máximo de valor de asimetría (Loetsch et al., 1973).

Finalmente, cuando los árboles comienzan a envejecer, el número de árboles vivos disminuye debido a la mortalidad y raleos. La oportunidad de crecimiento individual tiende a ser igualitaria y la asimetría es reducida (Loetsch et al., 1973).

2.2 Distribuciones de probabilidad

2.2.1 Concepto de distribución de probabilidad. Para identificar los patrones en un conjunto de datos, es necesario agruparlos en un número relativamente pequeño de clases que no se superpongan entre sí, de tal manera que no exista ninguna ambiguedad con respecto a la clase a que pertenece un valor particular.

Este agrupamiento en clases es denominado distribución de frecuencia y, si cada una de las frecuencias es definida como la probabilidad que un dato particular pertenezca al intervalo definido por los límites de clase.

Si es posible desarrollar una función matemática se obtiene finalmente una función de distribución de probabilidad para una variable aleatoria continua.

2.2.2 Funciones de distribución de probabilidad

2.2.2.1 Distribución chi-cuadrado. La distribución chi-cuadrado es un caso especial de la distribución weibull, es comunmente utilizada en la inferencia estadística y de manera especial al hacer inferencia con respecto a las varianzas.

La función de distribución de probabilidad es definida, por un parámetro de forma (τ) y un parámetro de localización (α), por la siguente expresión :

$$f(x;\alpha,\tau) = \frac{(x-\alpha)^{\tau-1}}{2^{\tau}\,\Gamma(\tau)} * \exp\left(-\frac{x-\alpha}{2}\right)$$

para $x > \alpha$, $\tau > 0$, $\alpha \geq 0$

$E(x) = \tau+\alpha$

$Var(x) = 2*\tau$

Las características de los parámetros son las siguentes :

Parámetro de localización (α) es definido por el valor más bajo de la distribución, con probabilidad igual a cero.

Parámetro de modelo (τ), distintos valores del parámetro τ desarrollan diferentes modelos de la curva de la función de distribución de probabilidad, cuando $\tau \leq 1$ genera una curva de forma de J-invertida, valores de $\tau > 1$ desarrolla un modelo de campana con desviación positiva (figura 1).

2.2.2.2 Distribución exponencial negativa. La función de distribución exponencial tiene la forma o modelo de j-invertida, es definida como :

$$f(x;\theta) = \frac{1}{\theta} * \exp\left(- \frac{x-\alpha}{\theta} \right)$$

para $x > \alpha$, $\alpha \geq 0$, $\theta > 0$

$E(x) = \theta + \alpha$

$Var(x) = \theta^2$

La función de distribución de probabilidad presenta un único modelo de j-invertida; la pendiente de la curva es definida por los valores que se le asigna al parámetro θ (figura 2).

Tasa de cambio (θ) : representa la razón de cambio con la

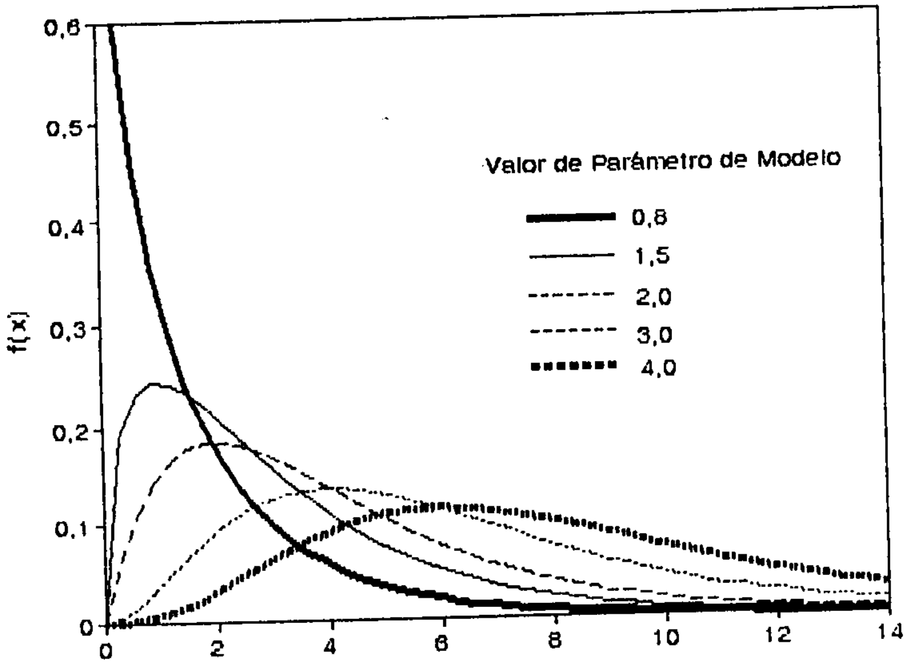

FIGURA Nº 1. Modelos de la función de densidad de la distribución chi-cuadrado para cinco valores del parámetro de modelo.

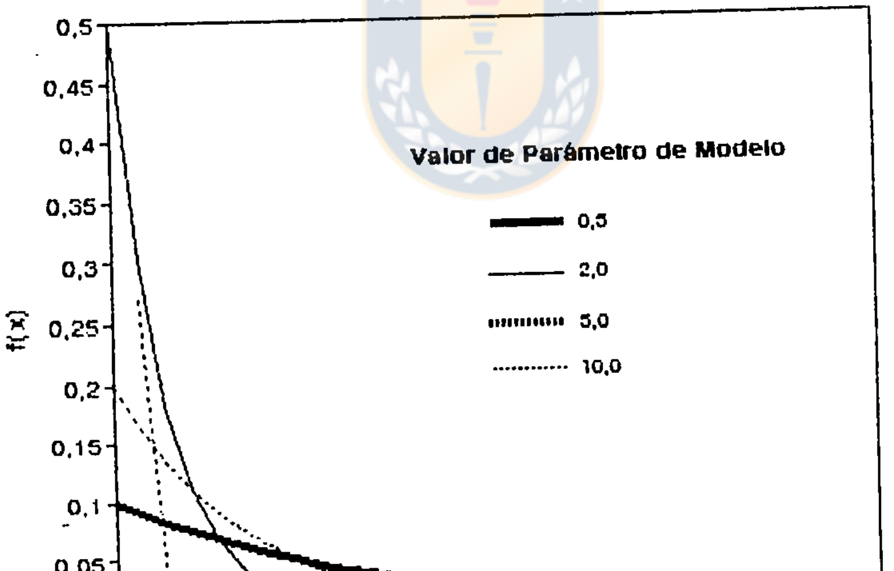

FIGURA Nº 2. Modelos de la función de densidad de la distribución exponencial negativa para cuatro valores del parámetro θ.

cual el número de los árboles cambia entre clases de diámetro sucesivas (Moser, 1976).

Valores pequeños de θ desarrollan una curva con pendiente muy alta, si este valor aumenta la pendiente de la curva se hace más suave.

2.2.2.3 Distribución gamma. Esta distribución desempeña un papel importante en la caracterización de una gran cantidad de fenómenos físicos como biológicos.

La función de densidad de una variable x tiene distribución gamma con parámetro de localización (α), parámetro de escala (β) y parámetro de modelo (τ), es de la forma (Harter y Moore, 1965):

$$f(x;\alpha,\beta,\tau)= \frac{1}{\Gamma(\tau)*\beta^{\tau}} * (x-\alpha)^{\tau-1} * \exp\left[-\frac{x-\alpha}{\beta}\right]$$

con $\tau,\beta > 0,\ \alpha \geq 0 \quad x \geq \alpha$

$\Gamma(\ )$: función gamma

$$\Gamma(c)= \int_0^{\infty} x^{c-1} * \exp(\ -x\ )\ dx$$

$$E(x) = \tau * \beta + \alpha$$

$$Var(x) = \tau * \beta^2$$

Las características de los parámetros son las siguentes :

Parámetro de localización (α), define el valor más bajo de la distribución, con probabilidad igual a cero.

Parámetro de escala (β), es denominado así, puesto que cambios en su valor provocan cambios en ambos ejes coordenados (figura 3).

Parámetro de modelo (τ), la forma que asume la función de distribución de probabilidad dependen del valor de τ (figura 3). Es así como valores menores a uno para el parámetro, genera una forma de j-invertida.

A medida que se incrementa el valor de este parámetro, el modelo desarrolla una forma de campana con desviación positiva, para valores mayores a uno y menores a 3.6, esta asimetría disminuye cuando el valor del parámetro tiende a valores grandes.

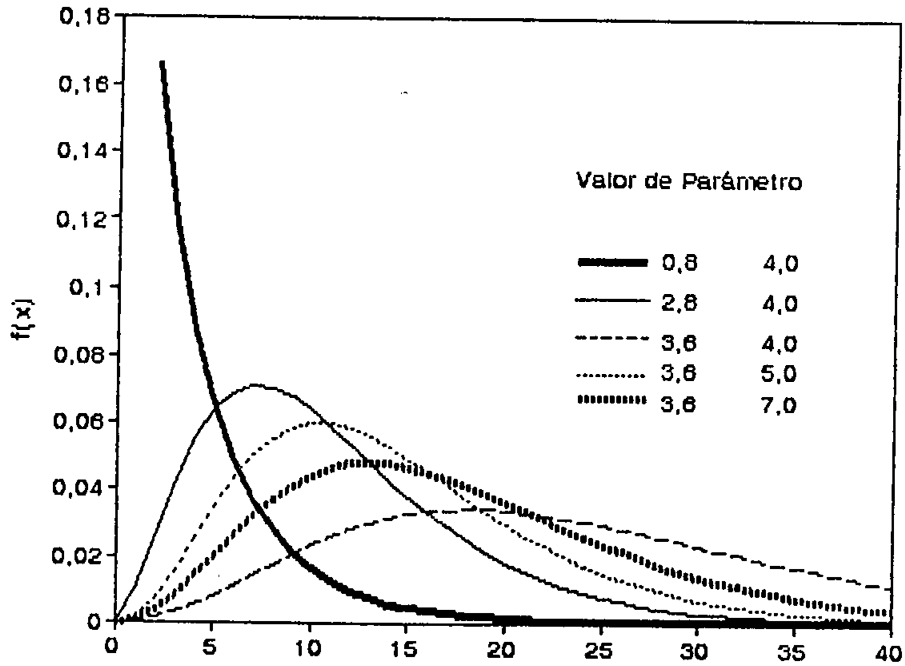

FIGURA Nº 3. Modelos de la función de densidad de la distribución gamma para tres valores del parámetro de escala y tres del parámetro de modelo.

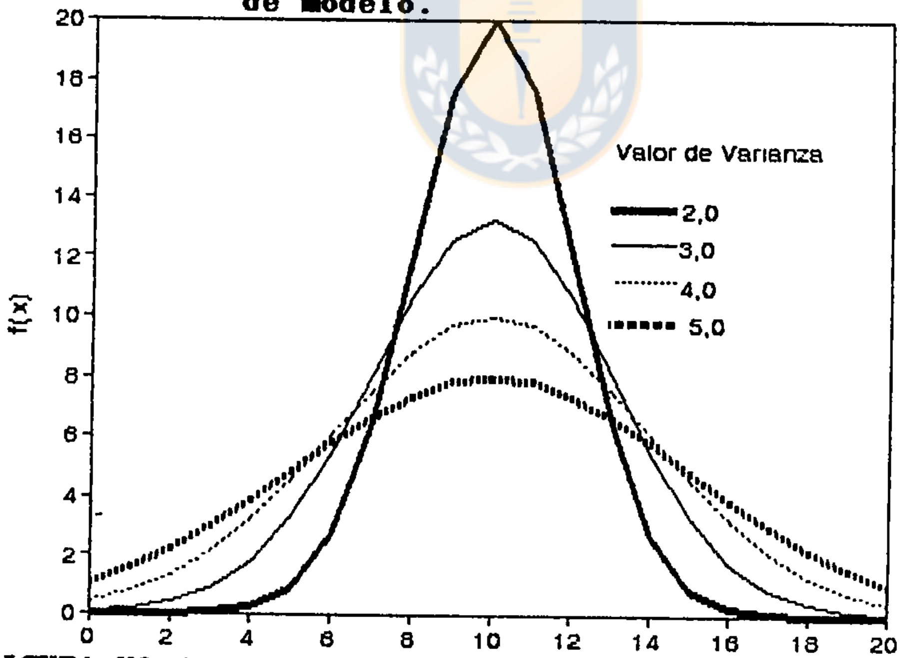

FIGURA Nº 4. Modelos de la función de densidad de la distribución normal con media igual a dies y cuatro valores distintos de la varianza.

2.2.2.4 <u>Distribución normal</u>. El modelo de la distribución normal es de forma de campana unimodal, alcanzando su máximo valor en el punto $x=\mu$.

$$f(x;\mu,\sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2*\pi}} * \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$$

$$-\infty < x < \infty$$

$$-\infty < \mu < \infty$$

$$\sigma^2 \geq 0$$

$$E(x) = \mu$$

$$Var(x) = \sigma^2$$

Los parámetros de la distribución son la media arimética y la varianza.

<u>media (parámetro de ubicación)</u> (μ) : determina la localización de la distribución y es el punto central de la función de probabilidad.

Dentro del contexto de la distribución diamétrica, este parámetro representa al intervalo dentro del cual se encuentra la mayor frecuencia de diámetro y que corresponde al promedio del rodal (figura 4).

Varianza (parámetro de dispersión) (σ^2) : entrega la idea de lo esparcido que están los valores de la variable a ambos lados del valor medio. Además, un cambio en el valor de σ^2 lleva consigo un cambio de escala en ambos ejes coordenados (figura 4).

2.2.2.5 Distribución lognormal. El uso de la distribución lognormal se basa en el hecho de que su función de distribución de probabilidad presenta una desviación positiva (figura 5).

Una muestra de medición lognormal puede ser descrita completamente por medio de media y varianza :

$$f(x;\mu^\circ,\sigma^\circ) = \frac{1}{x*\sigma^\circ*\sqrt{2\pi}} * \exp\left[- \frac{(Ln(x)-\mu^\circ)^2}{2\sigma^{\circ 2}} \right]$$

con μ°,σ° parámetros

$x \geq 1$

$\sigma^{\circ 2} \geq 0$

$-\infty \leq \mu^\circ \leq +\infty$

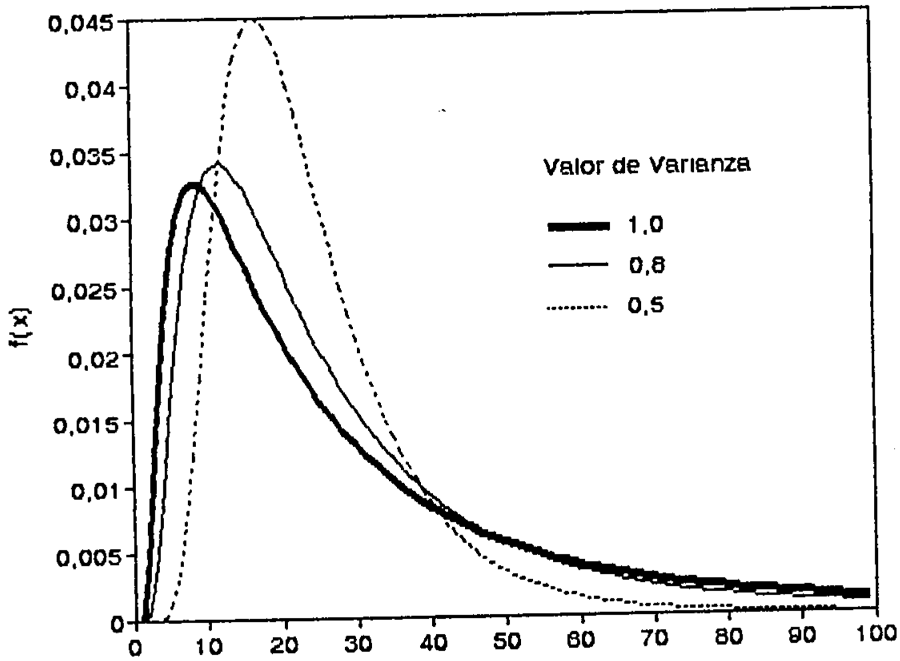

FIGURA Nº 5. Modelos de la función de densidad de la distribución lognormal con media igual a tres y tres valores distintos de la varianza.

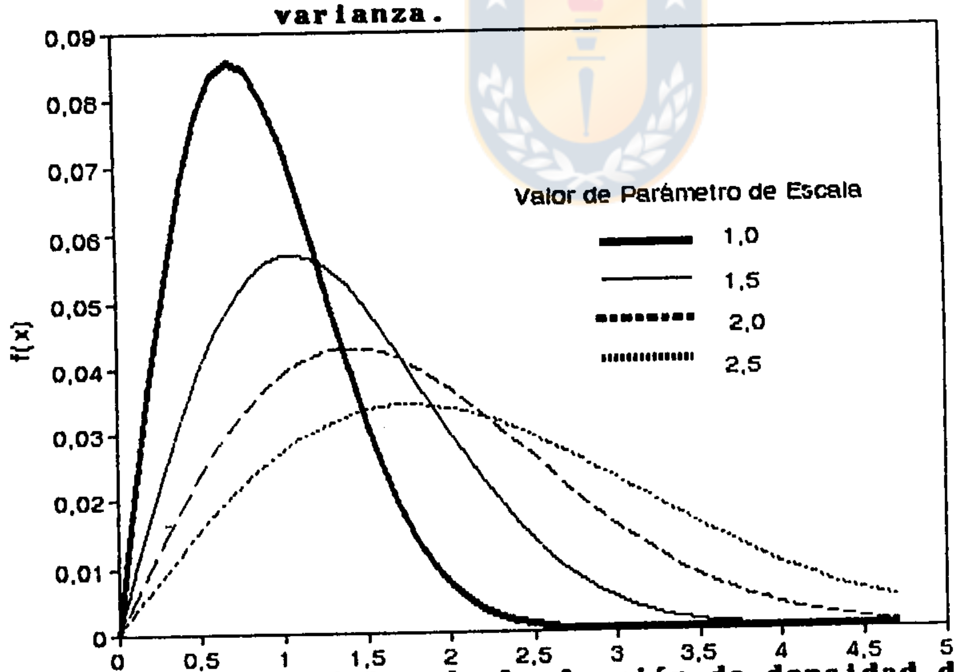

FIGURA Nº 6. Modelos de la función de densidad de la distribución rayleigh para cuatro valores del parámetro de escala.

2.2.2.6 Distribución rayleigh. La función de distribución de probabilidad rayleigh se origina cuando el parámetro de forma de la distribución weibull es constante y con valor igual a dos, desarrollando un modelo de campana con simetría positiva, por lo tanto queda definida por un parámetro de escala, es representada por la siguente expresión :

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{2}{\beta}(x-\alpha) * \exp\left(- \frac{(x-\alpha)^2}{\beta} \right)$$

con $\beta > 0$, $\alpha \geq 0$, $x > \alpha$

La función de distribución de probabilidad presenta por :

Parámetro de escala (β) : valores pequeños de β genera un curva alta y esbelta, pero en la medida que este valor aumenta la curva que se desarrolla se hace más achatada y más distendida en el eje de las ordenadas (figura 6).

Parámetro de localización (α) : es el valor más pequeño de la distribución, con probabilidad igual a cero.

2.2.2.7 Distribución weibull. La función de distribución de probabilidad de weibull es de la forma (Cohen, 1965; Harter y Moore, 1965; Bailey y Dell, 1973) :

$$f(x;\alpha,\beta,\tau)= \frac{\tau}{\beta^{\tau}} * (x-\alpha)^{\tau-1} * \exp\left[- \left[\frac{x-\alpha}{\beta} \right]^{\tau} \right]$$

para $\alpha \leq x < \infty$, con $\alpha,\beta,\tau > 0$

$$E(x) = \alpha + \beta*\Gamma(1+1/\tau)$$

$$Var(x) = \beta^2 * (\Gamma(1+2/\tau) - \Gamma^2(1+1/\tau))$$

La función de densidad de probabilidad presenta diversas formas según los valores determinados para los parámetros de modelo (τ), de escala (β) y de localización (α).

Parámetro de modelo (τ) : las distintas formas que asume la función de distribución de probabilidad de weibull son dependientes del valor de τ (figura 7).

Es asi como, si $\tau < 1$, la curva es una j-invertida, cuando $\tau=1$, una distribución exponencial es resultante.

Para $1 < \tau < 3.6$, la función de probabilidad tiene un modelo de montaña con desviación positiva. Si $\tau \approx 3.6$, la distribución weibull se aproxima a la distribución normal.

Al incrementarse τ sobre 3.6, la distribución llega a ser desviada negativamente y si τ tiende a infinito la distribución tiende a un punto (Bailey y Dell, 1973).

<u>Parámetro de escala</u> (β) : cambios en su valor provocan cambios en ambos ejes (figura 7).

<u>Parámetro de localización</u> (α) : es definido como el valor más bajo de la distribución, con probabilidad igual a cero.

En el contexto de la distribución de diámetro, el parámetro α puede ser interpretado como el diámetro más pequeño (Bailey y Dell, 1973). Es decir, identifica el límite menor de la distribución diamétrica, además provoca el movimiento de la distribución a lo largo del eje de las abcisas (Shifley y Lenzt, 1985).

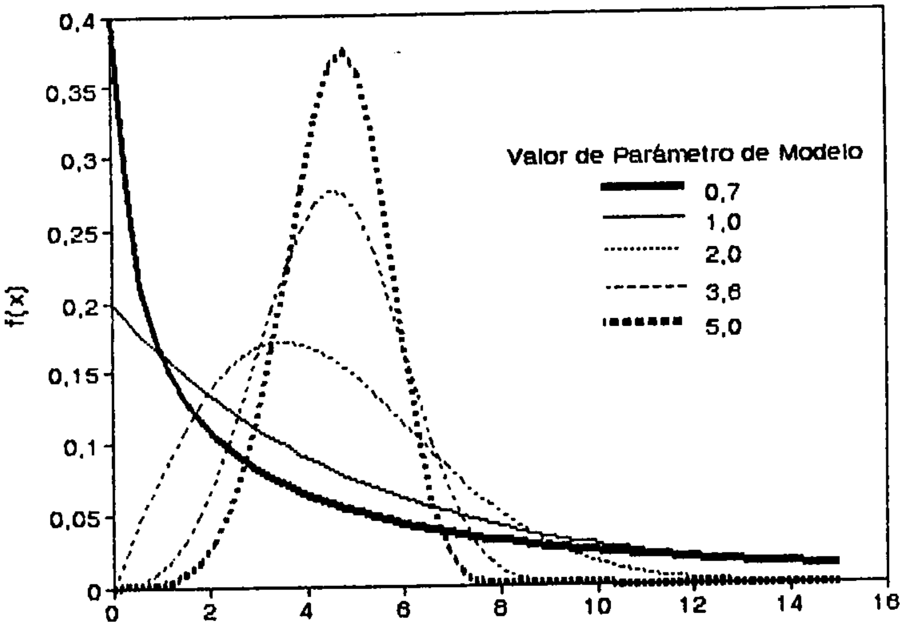

FIGURA Nº 7. **Modelos de la función de densidad de la distribución weibull para cinco valores distintos del parámetro de modelo, y con valor del parámetro de escala igual a cinco.**

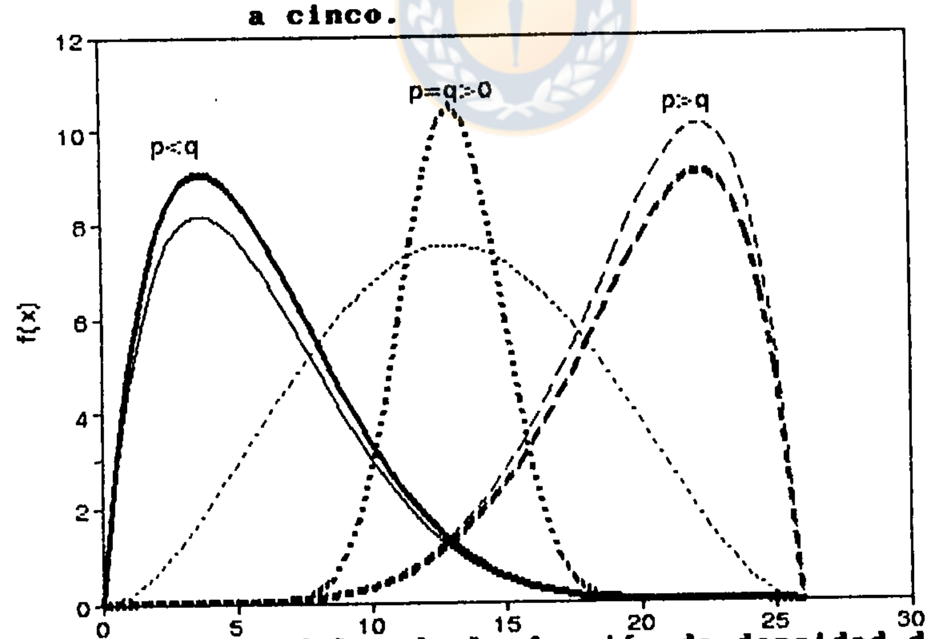

FIGURA Nº 8. **Modelos de la función de densidad de la distribución beta para tres casos de relación de los valores de los parámetros.**

2.2.2.8 <u>Distribución beta</u>. La función de distribución de probabilidad beta está definido por dos parámetros. Esta distribución presenta una alta flexibilidad en su forma, de acuerdo con los valores que toman sus dos parámetros, estos modelos van de una forma de j-invertida a la forma de montaña con desviación positiva y negativa (Loetsch *et al*., 1973). La función de distribución tiene la siguente expresión :

$$f(x;p,q) = \frac{\Gamma(p+q)}{\Gamma(p)\Gamma(q)} (x-a)^{p}(b-x)^{q}$$

donde p, q > 0 parámetros

a : valor mínimo de la variable x

b : valor máximo de la variable x

Γ( ) : función gamma

$$E(x) = \frac{p}{p+q}$$

$$Var(x) = \frac{p*q}{(p+q)^2*(p+q+1)}$$

La flexibilidad de la distribución beta es debido a los exponentes p y q (figura 8), los cuales de acuerdo a la magnitud y relación entre ellos, generan una gran variedad de formas (Loetsch _et_ _al_., 1973).

Es así como :

$p = q > 0$: presenta una distribución simétrica de forma de campana.

$p < q$ y ambos > 0 : desarrollan una distribución asimétrica positiva.

$p > q$ y ambos > 0 : la distribución presenta una asimétrica negativa.

$p \leq 0$ y $q > 0$: una distribución decreciente es desarrollada.

2.3. Métodos de estimación de valores de parámetros de distribución de probabilidad.

El uso de técnicas apropiadas para la estimación de parámetros en muchos casos dependen de la eficiencia estadística deseada y del conocimiento matemático que involucran los diferentes métodos desarrollados.

Se han identificados dos métodos de estimación de valores de parámetros de funciones de probabilidad : el método de momento y el método de máxima verosimilitud.

2.3.1 Método de momento. Método de estimación general es el denominado método de momento, desarrollado por K. Pearson, y que consiste en igualar un número conveniente de momentos muestrales a los correspondientes momentos de la distribución, que son funciones de los parámetros desconocidos.

Considerando tantos momentos como parámetros a estimar, y resolviendo las ecuaciones resultantes respecto a los parámetros, se obtienen estimadores de estos últimos.

Relacionando el primer momento de orden estadístico (media) y el segundo momento respecto a la media (varianza) con los parámetros de la distribución ha sido desarrollado para las distribuciones beta (Loetsch et al., 1973) y weibull (Shifley y Lenzt, 1985; García, 1981).

Este método es un metodo alternativo, producto de su baja precisión estadística.

2.3.2 Método de máxima verosimilitud. El método de estimación de máxima verosimilitud es el que mejor estimación de parámetros proporciona (Harter y Moore, 1965; Bailey y Dell, 1973; Shifley y Lenzt, 1985; Zarnoch y Dell, 1985).

Se define como una estimación singular (puntual) del valor desconocido del parámetro de una distribución de probabilidad.

Si se tiene una variable aleatoria x con función de densidad $f(x;\theta)$. La forma de f es conocida, pero el valor del parámetro constante θ es desconocido.

Teniendo una muestra aleatoria $(x_1,x_2,...,x_n)$ y donde la función de densidad es $L(x_1,x_2,...,x_n)$. El estimador de máxima verosimilitud de θ, denotado por $\theta°$, es el valor $\theta°$ (vector de parámetro desconocidos) que maximiza a $L(x_1,x_2,...,x_n)$ considerado como función de $\theta°$ para una muestra $(x_1,x_2,...,x_n)$, donde la función de verosimilitud está dado por la relación :

$$L(x_1,x_2,...,x_n;\theta°) = f(x_1;\theta°)*f(x_2;\theta°)*...*f(x_n;\theta°)$$

Si la función para θ es continua puede encontrarse que :

$$\frac{dL}{d\theta}(x_1,x_2,\ldots,x_n;\theta) = 0$$

$$y \quad \frac{d^2L}{d\theta^2} < 0$$

ahora bien, como Ln(L) alcanza sus valores máximos en el mismo valor de θ, la primera condición se puede escribir como :

$$\frac{d\,Ln(L)}{d\theta} = \frac{d}{d\theta}\sum_{i=1}^{n} Ln\, f(x_i;\theta) = 0.$$

Esta última expresión es generalmente usada, pues es más fácil derivar una suma que un producto.

El valor obtenido, al resolver las soluciones que están en término de los valores observados $(x_1,x_2,\ldots,x_n)$, puede ser que no sea el verdadero valor de θ sino que un valor cercano al verdadero.

2.4 Medidas descriptivas de distribución de probabilidad

2.4.1 Caracterización de una función de distribución de probabilidad.

Las medidas numéricas descriptivas de una distribución de probabilidad unimodal se utilizan con frecuencia para obtener patrones de distribución ocultos en un conjunto de datos en análisis. Es así como, la localización del centro y la variabilidad son comunmente usados, pues el primero indica la posición de estos para agruparse ya sea alrededor del centro o de ciertos valores numéricos; en cambio, la variabilidad presenta la dispersión de las observaciones en el conjunto.

2.4.1.1 Medida de tendencia central.

La media aritmética indica la posición del conjunto de observaciones que se agrupan ya sea alrededor del centro o de ciertos valores numéricos. Es definida como :

$$\mu = \int_{-\infty}^{+\infty} x*f(x)dx$$

donde μ : media aritmética.

x : valor de la variable.

$f(x)$: distribución de frecuencia.

2.4.1.2 <u>Medida de dispersión</u>. La varianza indica la dispersión que presentan las observaciones, es definida como el segundo momento central con respecto a la media :

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x-\mu)^2 \, dF(x),$$

donde μ : media aritmética.

x : valor de la variable.

$F(x)$: distribución de frecuencia acumulada.

2.4.1.3 <u>Medida de asimetría y de exceso</u>. Las medidas de asimetría y de exceso son obtenidas del tercer y cuarto momentos centrales, definidos como :

$$\Phi_u = \int_{-\infty}^{+\infty} (x-m)^u \, dF(x),$$

donde Φ_u : momento central de orden u.

m : valor medio de la variable.

$F(x)$: distribución de frecuencia acumulada.

<u>Coeficiente de Asimetría</u>. En una distribución simétrica, todo momento de orden impar, respecto a la media, si existe, es igual a cero. Cualquiera de estos momentos que no sea cero puede considerarse, por tanto, como una medida de la asimetría o deformación de la distribución. La más sencilla de estas medidas es Φ_3, que es de dimensión tres, expresada en unidades de la variable. A fin de reducirla a dimensión cero y construir, por tanto, una medida absoluta, se divide por σ^3 y se considera la razón llamada coeficiente de asimetría a :

$$y_1 = \frac{\Phi_3}{\sigma^3}$$

Si una curva de densidad tiene una rama larga a un lado de la media y una rama corta al otro lado. Si la rama larga está hacia la parte positiva, los cubos de las desviaciones positivas sobrepasarán, en general, a los cubos de las negativas, con lo cual y_1 será positiva (desviación positiva). Ahora si la rama larga está a la izquerda de la media, la desviación será negativa.

Coeficiente de Exceso. De manera análoga a la anterior, reduciendo a dimensión cero el momento de cuarto orden Φ_4, se obtiene el coeficiente exceso :

$$y_2 = \frac{\Phi_4}{\sigma^4} - 3$$

Se emplea como medida del grado de aplastamiento de una curva de densidad en la proximidad de su centro, en comparación con la distribución normal, cuyo valor es $y_2=0$.

Se supone que los valores positivos de y_2 indican que la curva de densidad es más alta y esbelta que la curva normal en las proximidades de la media, y lo contrario para valores negativos. En el primer caso suele decirse que el exceso es positivo, tomando como comparación la curva normal, el segundo caso, el exceso es negativo.

2.5 Valor de estadístico de selección

2.5.1 Prueba de bondad de ajuste. Una prueba de bondad de ajuste se emplea para comparar los resultados de una muestra aleatoria con aquellos que se espera observar.

La comparación se hace mediante la clasificación de los datos en cierto número de categorías y entonces comparar las frecuencias observadas con las esperadas para cada categoría. Para un tamaño específico del error tipo I, la hipótesis nula será rechazada si existe una diferencia suficiente entre las frecuencias observadas y esperadas.

El problema del test de bondad de ajuste es verificar la hipótesis nula :

$$Ho : F(x) = Fo(x)$$

en donde el modelo de probabilidad propuesto $Fo(x)$, se encuentra especificado, de manera completa, con respecto a todo los parámetros.

La aplicación principal de la hipótesis nula es que $F(x)$ es un miembro de alguna familia de distribuciones indicada por uno o más parámetros donde los actuales valores de los parámetros no están especificados por la hipótesis nula.

En este caso la hipótesis nula es descrita como :

$$Ho : F(x) = Fo(x;\delta)$$

donde $Fo(x;\delta)$ es una función de densidad acumulada para una familia de distribución específica, fijadas por un vector de parámetros δ (Reynolds *et al.*, 1988)

2.5.1.1 Prueba de bondad de ajuste chi-cuadrado. La prueba de bondad de ajuste chi-cuadrado es la que más se emplea para decidir cuándo un conjunto de datos se apega a una distribución de probabilidad dada.

Este test requiere que el set de datos disponibles $(x_1,x_2,...,x_n)$, puedan ser agrupados en k clases, donde I_1, $I_2,...,I_k$, son intervalos. Si p_i es la probabilidad de I_i bajo la hipótesis nula (Ho), entonces el número esperado de observaciones en I_i en una muestra de n observaciones es $e_i=n*p_i$.

Si f_i es el número de observaciones en el intervalo I_i, el estadístco chi-cuadrado es definido por la siguente expresión :

$$X^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(f_i-e_i)^2}{e_i}$$

Cuando Ho especifica completamente la distribución tal que los p_i son completamente determinados los grados de libertad de la prueba son k-1. Pero si δ en $F(x;\delta)$ implica que q parámetros no son conocidos pero estimados. La prueba presenta k-1-q grados de libertad (Reynolds *et al*., 1988).

El test chi-cuadrado es bueno si se emplea para datos discretos o que sean posibles de agrupar en clases de intervalos, pues se compara las frecuencias observadas y las esperadas para un número finito de categorías (Canavos, 1984; Reynolds *et al*., 1988).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

Como requerimientos para el desarrollo e implementación del programa se utilizó : programa dBASE IV, instalado en el disco duro de un computador. Manual de programación en dBASE IV.

3.2 Métodos de estimación de parámetros

Para estimar los valores de los parámetros se seleccionaron los métodos de estimación de máxima verosimilitud y de momento.

3.2.1 Desarrollo del método de máxima verosimilitud.

Al desarrollar el método de máxima verosimilitud se establece una expresión matemática para cada parámetro de cada una de las distribuciones de probabilidad (anexo 1).

Las distribuciones normal, lognormal y exponencial tienen expresiones matemáticas que expresan directamente el valor de los correspondientes parámetros. Los valores de los parámetros definidos para la distribución normal son la media aritmética y la varianza.

Para la distribución lognormal también son la media y la varianza, pero del valor logaritmo natural de cada una de las observaciones.

Para el caso de la distribución exponencial negativa, la expresión utilizada es definida como la media menos el menor valor de las observaciones.

En cambio las distribuciones chi-cuadrado, gamma, rayleigh y weibull presentan ecuaciones que han de ser resueltas, para estimar los valores de los parámetros.

3.2.1.1 Estimación por medio del parámetro de localización. Las distribuciones chi-cuadrado, gamma, rayleigh y weibull presentan un parámetro de localización en las ecuaciones de máxima verosimilitud.

Cada una de estas funciones de distribución de probabilidad presentan más de una ecuación de verosimilitud, pero tienen en común que presentan expresiones donde los parámetros quedan en función del parámetro de localización, situación que es utilizada para la solución de las ecuaciones de verosimilitud.

a) Distribución chi-cuadrado : la expresión que es definida para el parámetro de modelo está en función del parámetro de localización y los valores observados. Entonces, la solución de estimación se reduce a encontrar la raiz que satisfaga la expresión que se desarrolla para el parámetro de localización.

b) Distribución gamma : a pesar que la distribución gamma presenta tres parámetros, el de escala es función del parámetro de modelo y del parámetro de localización, resultando una ecuación de verosimilitud para ser resuelta. Al determinar la solución de esta ecuación se obtienen los valores de los tres parámetros en forma simultánea.

c) Distribución rayleigh : La distribución rayleigh, solo presenta una ecuación a ser resuelta, pues el parámetro de escala está en función del parámetro de localización y del número total de datos. Luego todo el problema se reduce a encontrar un valor del parámetro de localización que satisfaga la ecuación desarrollada para el parámetro en función de los datos.

d) Distribución weibull : en este caso, el parámetro de escala está en función de los parámetros de modelo y de localización. Las expresiones desarrolladas para estos dos parámetros han de ser resueltas en forma simultánea, ya que ambas expresiones están en función de ambos parámetros.

3.2.1.2 Proceso de estimación del valor del parámetro de localización. La solución del método de máxima verosimilitud es determinar un set valores de los parámetros de la distribución de probabilidad que satisfagan todas las ecuaciones de verosimilitud.

Dentro de una gran variedad de situaciones el método de máxima verosimilitud estima el valor del parámetro de localización dentro del intervalo permisible $0 \leq \alpha \leq x_1$, donde x_1 es el menor valor posible, pero existen casos donde el valor estimado no pertenece a este intervalo, pues la función de verosimilitud se hace monótona, ya sea creciente o decreciente.

Con el objeto de evitar este problema se fija el valor del parámetro de localización $\alpha=0$, cuando es monótona decreciente, y $\alpha=x_1$ cuando es monótona creciente (Harter y Moore, 1965).

Tomando el parámetro de localización como base y haciendo variar su valor dentro del intervalo permisible por un proceso de aproximación susesiva, se determinan en forma simultánea los valores de los demás parámetros que cumplan con la restricción de verosimilitud.

El proceso de solución de las ecuaciones de máxima verosimilitud es un procedimiento de convergencia por aproximación sucesiva a los valores de los parámetros de una función de distribución de probabilidad dada que satisfagan todas las ecuaciones de verosimilitud.

3.2.2 Desarrollo del método de momento. Producto que el método de máxima verosimilitud no tiene solución para la distribución beta, se utilizó el método de momento.

Relacionando los dos primeros momentos de orden central (media,varianza), que son funciones de los parámetros y resolviendo ésta con respecto a ella, se obtienen la estimación de los valores de los parámetros (anexo 2).

3.3 Cálculo de frecuencia

El cálculo de frecuencias se realiza por integración de un número igual de intervalos que el número de clases de los datos tabulados, donde los límites de estos son definidos por el parámetro de localización, marca de clase y amplitud del intervalo.

Multiplicando cada frecuencia por el número total de datos (árboles por unidad de superficie) se obtiene el valor de la frecuencia en unidades de los datos.

Como la función de distribución acumulada para la distribuciones normal, lognormal, exponencial negativa, rayleigh y weibull son conocidas, el cáculo de la frecuencia se realiza por la diferencia acumulada entre clases sucesivas.

En cambio para las distribucines chi-cuadrado, gamma y beta se realiza por medio de la integración de la función de distribución de probabilidad.

La situación que presentan las distribuciones al ser abiertas en uno o en ambos extremos se enfoca de la siguente manera: en el caso de la distribución normal, el rango de los valores varía de $-\infty$ a $+\infty$; es decir, es abierta en ambos lados, la diferencia entre el número total de datos y lo estimado en la frecuencia se divide en dos y se obtiene la frecuencia que no está representada en el rango de los datos. Para las distribuciones gamma, lognormal exponencial negativa, rayleigh y weibull, solo el lado derecho es abierto, luego la frecuencia es asumida para los valores mayor al límite superior de la más grande marca de clase.

3.4 Desarrollo de los programas

3.4.1 Implementación del software. El programa contempla de rutinas interactivas son conectadas por un programa principal denominado PROGMA.

Todas las rutinas se han implementado en lenguaje de programación dBASE IV.

La organización del software se compone de dos niveles interconectados entre si :

a) Nivel 1 : Este nivel se compone de un menú principal, desde donde se accede a los diferentes procesos de calculos y a la especificación de salida de resultados, modificación de datos, selección de función de probabilidad.

b) Nivel 2 : esta compuesto por las rutinas de entrada de datos, cálculos de valores de parámetros y cálculos de valores de selección que son programas independientes; los cuales son conectados entre sí a través del menú principal.

3.4.2 Diagramas de flujo. Se presentan tres diagramas de flujos simplificados desarrollados para el menú principal y los procedimientos de ajuste (anexo 3).

En primer lugar se presenta un diagrama de flujo simplificado del programa principal (figura 1A), donde se observa el modo de acceso a las rutinas y la forma general del programa.

En el proceso de ajuste se desarrolla un procedimiento para la solución de las ecuaciones de máxima verosimilitud de las distribuciones chi-cuadrado, gamma, rayleigh y weibull, cuyo diagrama de flujo se presenta en la figura 2A.

El diagrama simplificado del proceso de ajuste de los datos se presenta en la figura 3A, en donde se observa los diferentes procedimientos que se siguen en el proceso de estimación de los valores de los parámetros de cada distribución de probabilidad.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Operación del programa

A continuación se entrega una descripción del programa desde el punto de vista del usuario, de tal forma que pueda operar y ejecutar los procedimientos a través de los menús que se presentan.

El programa se encuentra radicado en el panel APPLICACIONES de dBASE IV con el nombre de PROGMA. Para utilizar el programa se puede comenzar desde el centro de control seleccionando el programa directamente o desde el punto indicativo con el mandato DO PROGMA, e inmediatamente se desplegará el menú principal en la pantalla (figura 9).

```
PROGRAMA PROGMA
MENU PRINCIPAL

DATOS
DISTRIBUCIONES
MODIFICAR
RESULTADOS
COMENZAR
salir
```

Figura 9. Pantalla de menú principal del programa PROGMA.

Utilizando la teclas <<flecha arriba>> o <<flecha abajo>> se selecciona una opción a la vez.

A continuación se muestran las pantallas que se generan al seleccionar cada una de las opciones presentes en la pantalla del menú principal.

a) <u>Entrada de datos</u>. Al seleccionar la opción <<DATO>> se presenta la pantalla que da acceso a las opciones de forma de entrada de datos (figura 10).

```
   PROGRAMA PROGMA
   MENU PRIN
                 Ingreso DATOS desde :
 DATOS
 DISTRIBUCIO       - TECLADO
 MODIFICAR         - BASE DE DATOS
 RESULTADOS
 COMENZAR
 salir
```

Figura 10. Pantalla de acceso a modo de ingreso de datos.

Seleccionando la forma de entrada de dato <<TECLADO>> se establece que el ingreso de datos es por digitación directa.

Inmediatamente se genera la pantalla de selección de tipo de datos a ingresar (figura 11). Siendo dos los tipos de datos : datos simples y datos tabulados.

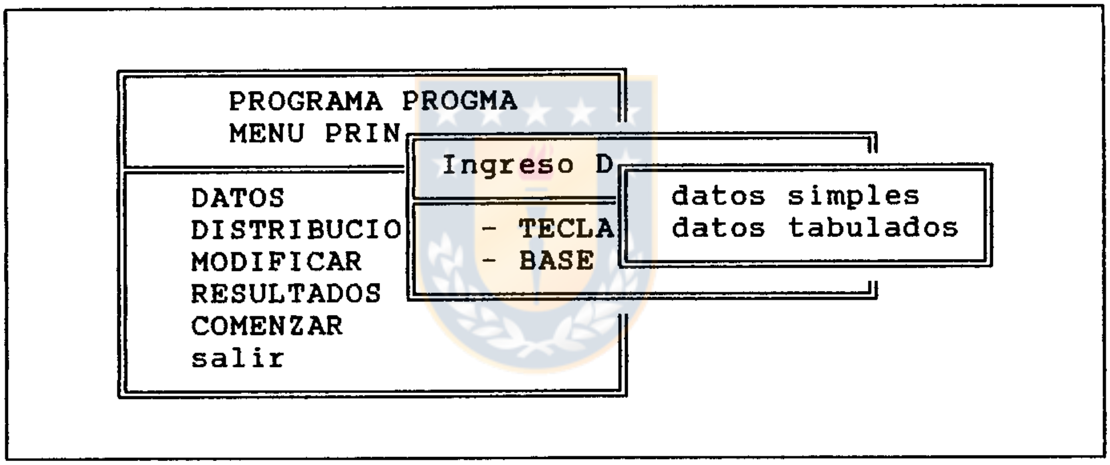

Figura 11. Pantalla de selección de datos a ingresar

En esta pantalla se elige la opción según la forma que se presentan los datos que han de ser analizados, luego se presenta la correspondiente pantalla de entrada de datos.

Seleccionando <<datos simple>> se despliega una pantalla de entrada de datos simples (figura 12).

Para este caso la entrada de datos se comienza especificando el número exacto de datos, lo que genera un recuadro donde se irán observando, en bloques de dies y en linea horizontal, los datos ingresados.

```
PANTALLA ENTRADA DE DATOS SIMPLES

     Número de datos a ingresar : 12

  1    2    3    4    5    6    7    8    9   10
 11   12

todo los datos están correctos (S/N) :

  Nº de Registro    :
  valor             :
  corrección        :
```

Figura 12. Pantalla de entrada de datos simples.

Una vez ingresados todos los datos, se presenta un mensaje de confirmación de entrada de datos es correcta o es necesario modificar algún valor.

En caso de corrección, en la parte inferior de la pantalla, se pide el número de registro, es presentado el valor y se solicita ingresar el valor correcto.

Si todo los datos están correctamente ingresados se solicita el ancho del intervalo de clase que se utilizará para la tabulación.

Al seleccionar <<datos tabulados>>, se establece que los datos a ingresar son pares, en donde el primer valor corresponde a la marca de clase y el segundo, a la frecuencia.

La pantalla que se genera presenta columnas pareadas donde la columna de la izquerda se ordenan las marca de clases y en la columna derecha, las frecuencias (figura 13).

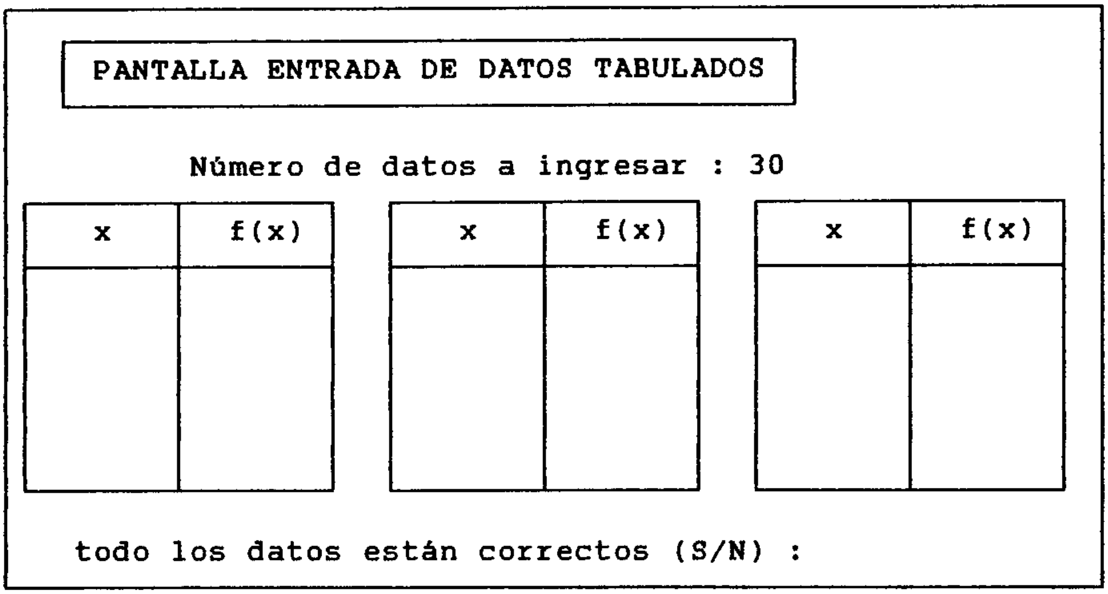

Figura 13. Pantalla de entrada de datos tabulados.

Al estar todos los datos ingresados, se presenta un mensaje de corrección de datos. Si es necesario lo anterior se pide identificar él o los valores a corregir con el número de ingreso, se presentan los valores en la parte inferior de la pantalla y se solicita ingresar él o los valores correcto.

Una vez que todo los datos están correctos se vuelve al menú principal.

En el caso de seleccionar la entrada de datos desde una base de datos, se despliega una pantalla donde se listan todas las bases de dato del directorio activo (figura 14).

```
************************************************
LISTA DE BASES DE DATOS
************************************************
GAMMA.DBF                    WEIBULL.DBF
GINO.DBF                     FF.DBF
NORMAL1.DBF
NORMAL2.DBF
************************************************

INGRESE NOMBRE DE LA BASE DE DATOS   XXXXXXXX.BDF
```

Figura 14. Pantalla de listado de bases de datos.

Al seleccionar una base de dato se despliega una nueva pantalla en donde se presenta la estructura de ella, describiendose los campos que la componen y el número de registro (figura 15).

```
Structure for database :  C:\DBASE\GAMMA.DBF
Number of data records :  10
Data of last update    :  30\01\95

Field        Field name    Type     With
  1          DIAMETRO       7         4
  2          FRECUENCIA     7         4
  3          F1             8         4
  4          F2             8         4

        SELECCIONE CAMPOS (1/2) :

                       CAMPO 1 :
                       CAMPO 2 :
```

Figura 15. Pantalla donde se muestra la estructura de la base de datos seleccionada.

En el caso de seleccionar un campo, los datos son ingresados como entrada de datos simples.

Si se eligen dos campos, se establece que la entrada de datos es del tipo de datos tabulados donde el primer campo son las clases y los correspondientes al segundo campo, a la frecuencia.

b) <u>Selección de distribución</u>. Al seleccionar la opción <<DISTRIBUCIONES>> se presenta la pantalla de selección y de ella se elige una distribución particular, como lo muestra la figura 16.

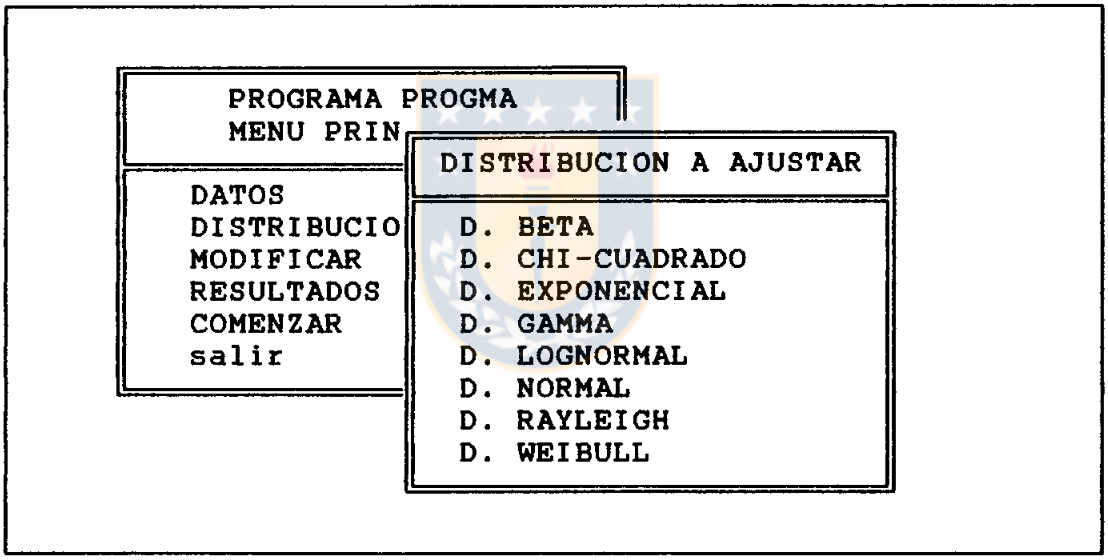

Figura 16. Pantalla de selección de distribución de probabilidad

Seleccionando una distribución se presenta un mensaje de confirmación de selección para luego regresar al menú principal.

c) <u>Forma de salida de resultados</u>. La opción <<RESULTADO>> muestra una pantalla, donde se debe especificar una de las opciones que aparecen para la salida de los resultados (figura 17).

```
PROGRAMA PROGMA
MENU PRIN    por pantalla
             por pantalla  impresora
DATOS
DISTRIBUCIO
MODIFICAR
RESULTADOS
COMENZAR
salir
```

Figura 17. Pantalla de selección de salida de resultados.

En esta pantalla se especifica si los datos han de salir solo por pantalla o si también han de salir por impresora.

d) <u>Ajustar datos</u>. Al seleccionar la opción <<COMENZAR>> se procede a estimar los valores de los parámetros para la distribución seleccionada.

La primera pantalla presenta las tablas de frecuencias (figura 18) y finalmente se accede a la pantalla de estadísticos de selección (figura 19), donde se muestran el valor del test chi-cuadrado y los valores de los coeficientes de asimetría y exceso para los valores observados y valores obtenido por el ajuste.

TABLA DE FRECUENCIAS
distribución WEIBULL

PARAMETRO DE LOCALIZACION : 2.49000
PARAMETRO DE ESCALA : 3.53738
PARAMETRO DE MODELO : 2.27293

clase	f(x)	f°(x)	F(x)	F°(x)
< 2.5	0	0.0	0	0.0
3	33	35.0	33	35.0
4	111	115.4	144	150.4
5	168	160.5	312	310.9
6	147	146.5	459	457.5
7	96	96.0	555	553.5
8	45	46.4	600	599.9
9	18	16.7	618	616.5
10	4	4.4	622	621.0
> 10	0	1.0	622	622.0
total	622	622.0		

Figura 18. Ejemplo de salida de resultados de frecuencia para un ajuste de la distribución weibull.

valor muestral test :	
chi-cuadrado	1.8456

Medidas descriptivas	observados	esperados
media aritmética	5.6254	5.6048
desviación estandar	1.4588	1.4717
coef. asimetría	0.3994	0.4067
coef. exceso	-0.1801	-0.2013

Figura 19. Pantalla de salida de valor de el test chi-cuadrado y los valores de las medidas descriptivas.

4.2 Ejemplos de aplicación del programa PROGMA

A continuación se presentan tres ejemplos de aplicación del programa PROGMA, utilizando datos y métodos citados en literatura.

a) Ejemplo 1. La distribución diamétrica de un rodal de edad uniforme de jack pine originalmente presentada por Spurr (1952), citado por Gove y Fairweather, 1989; es usados para observar el uso del método de máxima verosimilitud para la distribución weibull, con los programas GINO (Gove y Fairweather, 1989) y PROGMA.

En la tabla 1 se muestran la distribución presentada por Spurr (1952) y las distribuciones de weibull obtenida por el programa GINO (Gove y Fairweather, 1989) y PROGMA, con los correspondientes valores de los tres parámetros.

Como se puede observar, los valores de los parámetros de ambos ajuste son muy similares, lo que lleva a que las distribuciones no presenten mayores diferencias.

De lo anterior se puede inferir con un cierto grado de certeza que los procesos matemático utilizados para la estimación de los parámetros, por el programa PROGMA son correctos y arrojan resultados similares a los registrados en la literatura.

TABLA 1. DISTRIBUCION DIAMETRICA OBSERVADA (SPURR, 1952; CITADO POR GOVE Y FAIRWEATHER, 1989) Y DISTRIBUCIONES DIAMETRICAS OBTENIDAS POR LOS PROGRAMAS GINO (GOVE Y FAIRWEATHER, 1989) Y PROGMA.

DAP	Número de árboles por acre		
pulg.	distribución diamétrica observada	prog.GINO α = 2.486 β = 3.542 τ = 2.276	prog.PROGMA α = 2.490 β = 3.537 τ = 2.273
3	33	35	35.0
4	111	115	115.4
5	168	161	160.5
6	147	147	146.5
7	96	96	96.0
8	45	46	46.4
9	18	17	16.7
10	4	4	4.4
> 10	0	1	1.0
total	622	622	622.0

Además del ajuste, programa PROGMA también entrega el valor del estadistítico chi-cuadrado utilizado como criterio de selección y valores de medidas descriptivas de distribuciones de probabilidad para su caracterización.

Como se espera, por ser muy similar a la distribución diamétrica original, los valores de las medidas descriptivas de ambas frecuencias no tienen mayor diferencia entre sí como tampoco con los valores de la distribución original.

TABLA 2. VALOR DEL ESTADISTICO DE SELECCION Y VALORES DE CARACTERIZACION DE LA DISTRIBUCION DIAMETRICA DE JACK PINE (SPURR, 1952; CITADO POR GOVE Y FAIRWEATHER, 1989) Y DISTRIBUCION DE WEIBULL DE LOS PROGRAMAS GINO (GOVE Y FAIRWEATHER, 1989) Y PROGMA.

	distribución diamétrica		
	observada	GINO	PROGMA
estadístico de selección			
chi-cuadrado		1.6383	1.8200
media aritmética	5.6254	5.6206	5.6229
desviación estandar	1.4588	1.4833	1.4878
coef. asimetría	0.3994	0.4284	0.4357
coef. exceso	-0.1801	-0.0708	-0.0575

De la tabla 2, se observa que el valor del estadístico de prueba chi-cuadrado es x^2= 1,820. Para nueve clases , con tres parámetros estimados, los grados de libertad son cinco, el valor crítico es x^2_c= 16,65 para un nivel de confianza de 99,5%.

Entonces, como el valor de la prueba es menor al valor crítico, no existe razón para rechazar la hipótesis nula que establece que la distribución diamétrica tiene distribución de weibull, con valor del parámetro de localización igual a 2,49, parámetro de modelo igual a 2,273 de escala igual a 3,537.

De las medidas descriptivas que se presentan en la tabla 2, los coeficientes asimetría y el exceso de las distribuciones establecen que las distribuciones presentan una desviación positiva, no observandose una diferencia significativa en los valores de los coeficientes de asimetría.

En cambio, los valores de los coeficientes de exceso a pesar de observarse diferencia de sus magnitudes, todas describen que las distribuciones tanto observadas como las estimadas son más achatadas que una distribución normal con igual media y desviación estandar.

En resumen se concluye que el modelo establecido para la distribución diamétrica observada es correcto y estadisticamente aceptable.

c) Ejemplo 2. Bliss y Reinker (1964) describe el ajuste de la distribución lognormal para un rodal de edad uniforme de Douglas-fir (Pseudotsuga menziessi), utilizando un procedimiento gráfico en combinación con los cálculos numéricos. En la tabla 3, se presentan los datos de la distribución diamétrica del rodal y el resultado del ajuste de la distribución weibull por el método de máxima versimilitud por el programa PROGMA.

TABLA 3. DISTRIBUCION DIAMETRICA OBSERVADA (MEYER, 1939; CITADO POR BLISS Y REINKER, 1964), LA DISTRIBUCION LOGNORMAL ESTIMADA POR BLISS Y REINKER (1964) Y LA DISTRIBUCION WEIBULL OBTENIDA POR EL PROGRAMA PROGMA.

DAP	Número de árboles por acre		
pulg.	distribución diamétrica observada	lognormal	weibull
2	33	36.8	32.8
3	68	58.3	70.6
4	94	84.6	87.9
5	86	94.6	89.6
6	76	87.6	80.6
7	68	70.5	65.9
8	53	51.0	49.8
9	34	34.0	35.1
10	24	21.4	23.2
11	16	12.8	14.4
12	7	7.4	8.5
13	4	4.1	4.8
14	3	2.2	2.5
15	1	1.2	1.3
16	1	0.6	0.6
> 16.5	0	0.7	0.5
total	568	568.0	568.0

Utilizando el programa PROGMA, el mejor modelo encontrado para los datos es la distribución weibull, con valores de parámetros α= 1.490, β=4.978, τ=1.769.

TABLA 4. VALOR DEL ESTADISTICO DE SELECCION Y VALORES DE CARACTERIZACION DE LA DISTRIBUCION DIAMETRICA, DISTRIBUCION LOGNORMAL (BLISS Y REINKER, 1964) Y DISTRIBUCION WEIBULL.

	distribución diamétrica		
	observada	lognormal	weibull
estadístico de selección chi-cuadrado		7.868	3.212
media aritmética	5.921	5.920	5.922
desviación estandar	2.583	2.534	2.598
coef. asimetría	0.737	0.776	0.779
coef. exceso	0.363	0.772	0.519

Realizando la prueba chi-cuadrado con los valores de las distribuciones lognormal y weibull que se presentan en el tabla 4, comparándolos con los valores críticos, para un nivel de confianza de 99,5%, $x^2_{(13\ g.l.)}$= 29,82 y $x^2_{(12\ g.l)}$= 28,30 respectivamente.

Se aceptan ambas hipótesis nulas, que establecen que los datos pertenecen a una distribución weibull (α=1,49; β=4,978; τ=1,769) e independientemente también a una distribución lognornal (μ=1,6803 ; σ=0,4542).

La asimetría medida para las distribuciones establece una asimetría positiva para todas ellas y de igual magnitud.

La medición del exceso establece que las tres distribucines son más esbeltas que la correspondiente distribución normal.

De la tabla 4 se observa que el modelo weibull presenta el valor más cercano del coeficiente de exceso al determinado para los datos observados, pues el coeficiente de exceso de la distribución lognormal es el doble en magnitud con respecto al observado.

Para decidir finalmente cuál modelo seleccionar, estadísticamente no hay diferencia, pues la prueba de bondad de ajuste acepta ambas hipótesis, luego solo queda utilizar como criterio los valores de caracterización.

De estos la diferencia solo la establece el coeficiente de exceso, valor que el modelo weibull presenta más cercano al valor de los datos observados. Entonces se selecciona la función de distribución weibull como modelo de la distribución diamétrica.

d) Ejemplo 3. El cálculo de los parámetros de la distribución Beta, por el método de momento es descrito por Loetsch *et al*. (1973).

Tomando los mismos datos utilizados por Loetsch *et al*. (1973) y procesándolos en el programa PROGMA se obtienen resultados iguales (tabla 5).

TABLA 5. VALORES DE LOS PARAMETROS DE LA DISTRIBUCION BETA OBTENIDOS POR LOS PROGRAMAS BETKLA (LOESTSCH *ET AL*., 1973) Y PROGMA.

programas :	BETKLA	PROGMA
limite inferior	7,5	7,5
limite superior	33,5	33,5
alfa	1,2732	1,2666
beta	2,8521	2,8392

Los resultados de ambos programas son similares, pues utilizan el mismo procedimiento matemático, lo que comprueba que el programa PROGMA, para la estimación de los parámetros de la distribución beta es correcto.

En la tabla 6 se presentan las frecuencias para ambos programas, las diferencias que se obtienen son originadas por el cálculo de la función gamma.

TABLA 6. DISTRIBUCION DIAMETRICA OBSERVADA (LOETSCH *ET AL.*, 1973) Y LAS DISTRIBUCIONES OBTENIDAS POR EL AJUSTE DE LA DISTRIBUCION BETA POR LOS PROGRAMAS BETKLA (LOETSCH *ET AL.*, 1973) Y PROGMA.

DAP	Número de árboles por hectárea		
pulg.	distribución diamétrica observada	beta Loetsch	beta PROGMA
8	16	14.3	15.8
9	56	51.5	51.8
10	92	87.6	87.7
11	148	118.7	118.6
12	140	143.6	143.3
13	136	161.9	161.4
14	152	173.6	173.1
15	148	179.3	178.7
16	156	179.5	178.8
17	208	174.8	174.2
18	168	166.1	165.6
19	184	154.2	153.8
20	152	139.9	139.6
21	100	123.9	123.8
22	128	107.0	107.0
23	100	89.8	90.0
24	84	73.1	73.4
25	40	57.4	57.7
26	56	43.1	43.5
27	8	30.6	31.0
28	16	20.3	20.6
29	4	12.2	12.5
30	4	6.3	6.6
31	0	2.5	2.8
32	0	0.6	0.8
33	4	0.0	0.1
total	2312	2312.0	2312.0

El valor de la prueba chi-cuadrado y valores de caracterización de distribución son presentados en la tabla 7.

TABLA 7. VALOR DEL ESTADISTICO DE SELECCION Y VALORES DE CARACTERIZACION DE LA DISTRIBUCION DIAMETRICA Y DE LA DISTRIBUCION BETA OBTENIDA POR LOS PROGRAMAS BETKLA (LOETSCH _ET AL_., 1973) Y PROGMA.

	distribución diamétrica		
	observada	BETKLA	PROGMA
estadístico de selección			
chi-cuadrado		648.443	291.462
media aritmética	17.149	17.145	17.152
desviación estandar	4.714	4.709	4.729
coef. asimetría	0.286	0.348	0.349
coef. exceso	-0.429	-0.492	-0.488

Los valores de la prueba chi-cuadrado difieren, pues existe diferencias de frecuencias en el extremo derecho de los modelos.

A pesar de la diferencia, la hipótesis nula establecida por la prueba chi-cuadrado es reschazada para un nivel de confianza de 99,5% (x^2_c(22g.l.)= 42,84.).

Las medidas descriptivas establecen que existe semejanza entre los datos y la distribución beta, especialmente con la media y desviación estandar, aunque los valores de los coeficiente sobreestiman los valores reales, presentan valores muy cercanos a los observados.

En resumen, a pesar que el modelo presenta características similares a la distribución diamétrica, estadísticamente no se prueba que los datos presenten una distribución beta. Lo que establece que una prueba de bondad de ajuste, por si sola, no es suficiente como herramiento de decisión para justificar un modelo, sino complementaria.

V CONCLUSIONES

Se desarrolló un programa de modelación de la distribución diamétrica utilizando ocho funciones de distribución de probabilidad en dBASE IV.

Programa se caracteriza por ser de fácil manipulación y de requerir un mínimo conocimiento de programación por parte del usuario.

La utilización del programa no está limitada solo a la modelación de la distribución diamétrica, puede ser empleado en el estudio de fenómenos aleatorios en ingeniería, ciencias aplicadas o bien en la economía.

Las restricciones en la utilización del programa se establece que el tamaño de la muestra del fenómeno en estudio debe ser lo suficientemente grande para identificar el patrón de comportamiento del conjunto de datos.

Las funciones de distribuciones de probabilidad describen en forma adecuada a las distribuciones de diámetro, pues desarrollan modelos unimodales describiendo completamente los rangos diamétricos; además es posible relacionar en forna consistente las distintas características de los rodales con los parámetros de las distribuciones de probabiliadad.

VI RESUMEN

En este estudio se construyó un programa para describir la distribución diamétrica por medio de funciones de distribución de probabilidad en dBASE IV.

Se utilizaron los métodos de estimación de máxima verosimilitud y de momento para obtener los valores de los parámetros de cada una de las ochos funciones de distribución de probabilidad.

El programa PROGMA es intalado en el subdirectorio de dBASE y se utiliza una de las dos formas de ejecutar un programa de dBASE IV.

SUMMARY

A computer program was costructed to describe the diameter distribution through probability density function on dBASE IV.

It utilized the methods of estimation of maximum likelihood and of moments for obtain the parameters values of each one of the eight probability density functions.

The computer program PROGMA is the arrange sub-directory of dBASE IV and it waved one the two way of run application a programs of dBASE IV.

VII BIBLIOGRAFIA

1 BAILEY, R.L.1974. Announcement: Computer programs for Quantifying Diameter Distributions whith the Weibull function. For sci 20(3):.

2 BAYLEY, R.L., AND T.R.DELL.1973. Quantifying diameter distribution with the Weibull distribution. Forest science 19(2):97-104.

3 BLISS, C.I.,AND K.A.REINKER.1964. A lognormal approach to diameter distribution in even-aged stands. Forest science 10(3):350-360.

4 CANAVOS, G.C.1984. Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y métodos. Mc Graw-Hill. Mexico. 651 p.

5 COHEN, A.C.,Jr. 1965. Maximum Likelihood estimation in the Weibull distribution based on completed and on censored samples.Technometrics 7(4):579-588.

6 DANIEL, T. W., HELMS, J. A. Y BAKER, F.S. 1982.
Principios de Silvicultura.
Mc Graw-Hill. New York. 500 p.

7 GARCIA, O.1981. Simplified Method-of-Moments estimation for the Weibull distribution.
New. Zealand Journal of Forestry Science.
11(3):304-306.

8 GOVE, J.H.,AND S.E.FAIRWEATHER.1989. Maximum-likelihood estimation of Weibull function parameter using a general interactive optimizer and grouped data.
Forest Ecology and Management 28:61-69.

9 HARTER, H.L. ,AND A.H. MOORE. 1965. Maximum-likelihood estimation of the parameters of gamma and weibull populations from complete and from censored sample. Technometrics 7(4):639-643.

10 LOETSCH.ZOHRER.HALLER. 1973. Forest Inventory.
Verlagsgesellschaft, Munich. Vol.2, 469 p.

11 MOSER, Jr.J.W. 1976. Specification of density for the inverse J-shaped diameter distribution. Forest Science 22(2):177-180.

12 REYNOLDS,M.R.,Jr, T.E.BURK, WON-CHIN HUANG.1988 Goodness-of-fit test and model selection procedures for diameter distribution model. Forest Science 34(2):373-399.

13 SHIFLEY,S.,AND E.LENTZ. 1985. Quick estimation of the three-parameter Weibull to describe tree size distribution. Forest Ecology and Management. 13:195-203.

14 ZARNOCH,S.J.,AND T.R.DELL. 1985. An evaluation of percentil and Maximum-likelihood estimators of weibull parameters. Forest Science 31(1):260-268.

VIII APENDICE

Listado de los programas.

```
****************************************
******* programa tesis PROGMA ***********
******* programa principal      ********
****************************************
SET PRINT OFF
SET TALK OFF
RELEASE ALL
PUBLIC MDAT
PUBLIC LAMBER,PT,REE,LIFER,SALIR,BTC,almachi,almaks,sufra
SALIR=0
BTC=1
SET STATUS OFF
SET SCOREBOARD OFF
CLEAR
DEFINE POPUP CENTRAL FROM 4,14 TO 15,50
DEFINE BAR 2 OF CENTRAL PROMPT "       PROGRAMA AJUSTE " SKIP
DEFINE BAR 3 OF CENTRAL PROMPT "           MENU PRINCIPAL "  SKIP
DEFINE BAR 4 OF CENTRAL PROMPT REPLICATE(CHR(205),49) SKIP
DEFINE BAR 5 OF CENTRAL PROMPT " DATOS " ;
MESSAGE " ingresar datos  "
DEFINE BAR 6 OF CENTRAL PROMPT " DISTRIBUCIONES ";
MESSAGE " especificar distribucion a ser ajustada "
DEFINE BAR 7 OF CENTRAL PROMPT " MODIFICAR ";
MESSAGE "modifica datos, ancho de intervalo, base de dato activa

DEFINE BAR 8 OF CENTRAL PROMPT " RESULTADOS ";
MESSAGE " especifica salida de resultados "
DEFINE BAR 9 OF CENTRAL PROMPT " COMENZAR ";
MESSAGE " comienza ajuste según especificaciones "
DEFINE BAR 10 OF CENTRAL PROMPT " salir    ";
MESSAGE "   salir del programa "
ON SELECTION POPUP CENTRAL DO PROCE1
ACTIVATE POPU CENTRAL
PROCEDURE PROCE1
DO CASE
      CASE BAR()=5
      DO INGRESO
      ACTIVATE POPUP INGRESO
      CASE BAR()=6
      DO AJUS
      ACTIVATE POPUP AJUS
      CASE BAR()=7
      DO MODO
      ACTIVATE POPUP MODO
      CASE BAR()=8
      DO SALIDA
      ACTIVATE POPUP SALIDA
      CASE BAR()=9
      DO PRGM1
      DO PRGM2
      DO PRGM3
      CASE BAR()=10
      set status on
```

```
      set scoreboard on
      DEACTIVATE POPUP
ENDCASE
PROCEDURE INGRESO
DEFINE POPUP INGRESO FROM 5,40 TO 10,70
DEFINE BAR 1 OF INGRESO PROMPT " Ingreso DATOS desde : " SKIP
DEFINE BAR 2 OF INGRESO PROMPT REPLICATE (CHR(205),69) SKIP
DEFINE BAR 3 OF INGRESO PROMPT " - TECLADO " ;
MESSAGE " los datos son ingresados desde el teclado "
DEFINE BAR 4 OF INGRESO PROMPT " - BASE DE DATO ";
MESSAGE " los datos son traspasados de una base de dato activa "
ON SELECTION POPUP INGRESO DO INGRESO2
RETURN
PROCEDURE INGRESO2
DO CASE
 CASE BAR() = 3
 DO ENTRADA2
 ACTIVATE POPUP ENTRADA2
CASE BAR() = 4
 DO PRGM4
DEACTIVATE POPUP
ENDCASE
RETURN
PROCEDURE MODO
DO CASE
CASE LIFER=11
define popup modo from 6,40 to 11,70
DEFINE BAR 1 OF MODO PROMPT " DATOS "
DEFINE BAR 2 OF MODO PROMPT " ANCHO DE INTERVALO "
CASE LIFER =22
define popup modo from 6,40 to 8,70
DEFINE BAR 1 OF MODO PROMPT " DATOS ";
message "  presione RETURN para modificar valores"
ENDCASE
ON SELECTION POPUP MODO DO MODO2
RETURN
PROCEDURE MODO2
DO CASE
CASE LIFER=11
DO CASE
CASE BAR()=1
DO PRGM5
CASE BAR()=2
store space(5) to ar
@15,20 say "  valor del ancho del intervalo es : "+str(ancho,5,2)
DO WHILE .T.
ar="         "
@16,20 say "  nuevo valor del ancho del intervalo será : " get ar
read
ancho=val(ar)
DO PRGM8
DO PRGM9
```

```
COOR="   "
@ 20,2 say " modifica ancho ((S/N)  : " get coor
read
if upper(COOR)="S"
LOOP
ENDIF
EXIT
enddo
ENDCASE
CASE LIFER=22
DO CASE
CASE BAR()=1
do PRGM10
CASE BAR()=2
ENDCASE
ENDCASE
wait
deactivate popup
RETURN
PROCEDURE ENTRADA2
DEFINE POPUP ENTRADA2 FROM 6,50 TO 10,70
DEFINE BAR 1 OF ENTRADA2 PROMPT " datos simples "
DEFINE BAR 2 OF ENTRADA2 PROMPT " datos tabulados "
ON SELECTION POPUP ENTRADA2 DO ENTRADA3
ACTIVATE POPUP ENTRADA2
DEACTIVATE POPUP
RETURN
PROCEDURE ENTRADA3
DO CASE
CASE BAR()=1
LIFER=11
DO PRGM11
CASE BAR()=2
LIFER=22
CLAVE=1
DO PRGM11
ENDCASE
DEACTIVATE POPUP
RETURN
PROCEDURE AJUS
DEFINE POPUP AJUS FROM 5,40 TO 20,70
DEFINE BAR 1 OF AJUS PROMPT " DISTRIBUCION A AJUSTAR : " SKIP
DEFINE BAR 2 OF AJUS PROMPT REPLICATE (CHR(205),69) SKIP
DEFINE BAR 3 OF AJUS PROMPT " D. BETA "
DEFINE BAR 4 OF AJUS PROMPT " D. CHI-CUADRADO "
DEFINE BAR 5 OF AJUS PROMPT " D. EXPONENCIAL  "
DEFINE BAR 6 OF AJUS PROMPT " D. GAMMA "
DEFINE BAR 7 OF AJUS PROMPT " D. LOGNORMAL "
DEFINE BAR 8 OF AJUS PROMPT " D. NORMAL  "
DEFINE BAR 9 OF AJUS PROMPT " D. RAYLEIGH  "
DEFINE BAR 10 OF AJUS PROMPT " D. WEIBULL "
ON SELECTION POPUP AJUS DO LLAJUS
```

```
RETURN
PROCEDURE LLAJUS
DO CASE
 CASE BAR()=3
 LAMBER=1
 PT=" BETA "
CASE BAR()=4
 LAMBER = 2
 PT=" CHI-CUADRADO "
CASE BAR()=5
LAMBER = 3
PT=" EXPONENCIAL "
CASE BAR()=6
LAMBER = 4
 PT=" GAMMA "
 CASE BAR()=7
 PT=" LOGNORMAL "
LAMBER = 5
CASE BAR()=8
LAMBER = 6
 PT=" NORMAL "
 CASE BAR()=9
LAMBER =7
 PT=" RAYLEIGH "
 CASE BAR()=10
LAMBER = 8
PT=" WEIBULL "
ENDCASE
DO SELE
RETURN
PROCEDURE SELE
DEFINE POPUP SELE FROM 15,10 TO 20,50
DEFINE BAR 2 OF SELE PROMPT PT SKIP
DEFINE BAR 3 OF SELE PROMPT " presione RETURN para continuar "
ON SELECTION POPUP SELE DO SELE2
ACTIVATE POPUP SELE
DEACTIVATE POPUP
RETURN
 PROCEDURE SELE2
 DEACTIVATE POPUP
 RETURN
PROCEDURE SALIDA
DEFINE POPUP SALIDA FROM 6,50 TO 10,70
DEFINE BAR 1 OF SALIDA PROMPT " PANTALLA ";
MESSAGE " seleccione y presione ESC para salir "
SALIR=0
DEFINE BAR 2 OF SALIDA PROMPT "PANTALLA E IMPRESORA" ;
MESSAGE "  seleccione y presione ESC para salir "
SALIR=1
ON SELECTION POPUP SALIDA DO ACTIVA
ACTIVATE POPUP SALIDA
RETURN
```

```
PROCEDURE ACTIVA
DO CASE
CASE BAR()=1
SALIR =0
CASE BAR()=2
ENDCASE
DO SALIDA2
RETURN
PROCEDURE SALIDA2
DEACTIVATE POPUP
RETURN
```

```
*****************************************************
********* programa tesis  PRGM1        *************
********  calculo de valores de parametros **********
*****************************************************
PUBLIC RCHI,SUMA,MDIFER,SEGUIR,noseguir
NOSEGUIR=0
MDIFER=0
SET TALK OFF
SET PROCEDURE TO PRGM12
SEGUIR = " presione RETURN para continuar "
CLEAR
BTC=2
a= "              "
A1="┌──────────────────────────────────────┐"
A2="│                                      │"
A3="├──────────────────────────────────────┤"
A4="└──────────────────────────────────────┘"
@4,20 SAY A1
@5,20 SAY A2
@5,20 SAY A2
@5,22 SAY " Distribución " + PT
@6,20 SAY A3
@7,20 SAY A2
@7,22 SAY " valores de los parámetros "
@8,20 SAY A2
@9,20 SAY A2
@10,20 SAY A2
@11,20 SAY  A2
@12,20 SAY A4
IF (NK>22).OR.(NK=22)
DECLARE MDAT[NK+2,13]
ELSE
DECLARE MDAT[22,13]
ENDIF
C=1
DO WHILE C < NK+1
MDAT[C,1]=MD[C,1]
MDAT[C,2]=MD[C,2]
C=C+1
ENDDO
DO CASE
CASE LAMBER = 6
********************************************************
***********  DISTRIBUCION NORMAL    ********************
********************************************************
SET PROCEDURE TO PRGM12
STORE 0 TO SUMA,SUMA1,SUMA2
DO CASE
CASE LIFER=11
c=1
DO WHILE C < ND+1
SUMA1=SUMA1+MDATO[C]
```

```
SUMA2=SUMA2+MDATO[C]^2
C=C+1
ENDDO
SUMA=ND
CASE lIFER=22
c=1
DO WHILE C < NK+1
SUMA=SUMA+MDAT[C,2]
SUMA1=SUMA1+(MDAT[C,1])*MDAT[C,2]
SUMA2=SUMA2+(MDAT[C,1]^2)*MDAT[C,2]
C=C+1
ENDDO
ENDCASE
MDAT[3,3]=SUMA1/SUMA
MDAT[4,3]= SQRT((SUMA2-SUMA1^2/SUMA)/SUMA)
@9,22 say " media aritmética : "+STR(MDAT[3,3],9,4)
@10,22 SAY " desv standar     : "+STR(MDAT[4,3],9,4)
@13,20 say SEGUIR
READ
CASE LAMBER = 5
***********************************************
***********  DISTRIBUCION LOGNORMAL ************
***********************************************
SET PROCEDURE TO PRGM12
STORE 0 TO SUMA, SUMA1,SUMA2
DO CASE
CASE LIFER=11
C=1
DO WHILE C < ND+1
SUMA1=SUMA1+LOG(MDATO[C])
SUMA2=SUMA2+(LOG(MDATO[C]))^2
C=C+1
ENDDO
MDAT[5,3]=SUMA1/ND
MDAT[6,3]=SQRT((SUMA2-SUMA1^2/ND)/ND)
SUMA=ND
CASE LIFER=22
C=1
DO WHILE C < NK+1
SUMA1=SUMA1+LOG(MDAT[C,1])*MDAT[C,2]
SUMA2=SUMA2+((LOG(MDAT[C,1]))^2)*MDAT[C,2]
SUMA=SUMA+MDAT[C,2]
C=C+1
ENDDO
MDAT[5,3]=SUMA1/SUMA
MDAT[6,3]= SQRT((SUMA2-SUMA1^2/SUMA)/SUMA)
ENDCASE
@9,22 SAY " Media lognormal "+STR(MDAT[5,3],9,4)
@10,22 SAY " Desv lognormal  "+STR(MDAT[6,3],9,4)
@13,20 SAY SEGUIR
READ
CASE LAMBER=3
```

```
*******************************************************
***** ESTIMACION DE DISTRIBUCION EXPONENCIAL  *********
*******************************************************
do case
case lifer=22
mc=mdat[1,1]-ancho
case lifer=11
mc=mdato[1]
endcase
store 0 to suma,suma1
do case
case lifer=11
c=1
do while c < nd+1
suma1=suma1+mdato[c]
c=c+1
enddo
suma=nd
case lifer=22
c=1
do while c < nk+1
suma=suma+mdat[c,2]
suma1=suma1+(mdat[c,1]-mc)*mdat[c,2]
c=c+1
enddo
endcase
pexp=suma1/suma
mdat[22,3]=pexp
@9,22 say " valor de parámetro "+str(mdat[22,3],9,4)
@13,20 SAY SEGUIR
READ
CASE LAMBER = 2
**********************************************************
****** ESTIMACION DE PARAMETRO CHI CUADRADO    ***********
**********************************************************
DO CASE
CASE LIFER=11
LI=MDATO[1]-1E-05
CASE LIFER=22
LI=MDAT[1,1]-ANCHO/2
ENDCASE
FX2=0
MC=0
STORE 0 TO SUMA,SUMA1,SUMA2,SUMA3
C=1
DO CASE
CASE LIFER=11
DO WHILE C< ND+1
SUMA1=SUMA1+LOG(MDATO[C]-LI)
SUMA2=SUMA2+LOG(MDATO[C])
C=C+1
ENDDO
```

```
SUMA=ND
CASE LIFER=22
DO WHILE C < NK+1
SUMA=SUMA+MDAT[C,2]
SUMA1=SUMA1+LOG(MDAT[C,1]-LI)*MDAT[C,2]
SUMA2=SUMA2+log(mdat[c,1]-MC)*MDAT[c,2]
C=C+1
ENDDO
ENDCASE
FACLI=(SUMA1/SUMA)
FACMC=(SUMA2/SUMA)
IF ( -0.7>FACLI.OR.FACLI> 3.7).AND.(-0.7>FACMC.OR.FACMC>3.7)
@9,22 say " NO ES POSIBLE AJUSTAR DATOS "
@13,22 SAY SEGUIR
READ
NOSEGUIR=1
CLEAR
RETURN
ENDIF
A0=LI
K=-1
J=0
DO CASE
CASE (A0/10 < 1)
N=10
OTHERWISE
N=1
ENDCASE
CLAVE=1
SET PROCEDURE TO PSI
DO WHILE .T.
K=K+1
AA=A0+(-1)^(J-1)*K/N
IF (MC>AA.OR.AA>LI)
DO CASE
CASE (AA<MC)
AA=MC
RCHI=FACMC-LOG(2)
CASE (AA>LI)
RCHI=FACLI-LOG(2)
AA=LI
ENDCASE
CLAVE=2
EXIT
ENDIF
STORE 0 TO SUMA1,SUMA2,SUMA
DO CASE
CASE LIFER=11
C=1
DO  WHILE C < ND+1
SUMA1=SUMA1+1/(MDATO[C]-AA)
SUMA2=SUMA2+LOG(MDATO[C]-AA)
```

```
C=C+1
ENDDO
SUMA=ND
CASE LIFER=22
C=1
DO WHILE C < NK+1
SUMA=SUMA+MDAT[C,2]
SUMA1=SUMA1+MDAT[C,2]/(MDAT[C,1]-AA)
SUMA2=SUMA2+(LOG(MDAT[C,1]-AA))*MDAT[C,2]
C=C+1
ENDDO
ENDCASE
CHI=(SUMA1+SUMA/2)/SUMA1
@9,22  say "localización (α) : "+str(aa,9,4)
@10,22 say "modelo (τ)       : "+str(chi,9,4)
FX=LOG(2)+PSI(CHI)-SUMA2/SUMA
IF(ABS(FX)<0.00001)
EXIT
ENDIF
DO CASE
CASE K=0
FX2=FX
CASE (FX<0.AND.FX2>0).OR.(FX>0.AND.FX2<0)
FX2=FX
A0=AA
J=J+1
N=10^J
K=0
CASE (FX<0.AND.FX2<0).OR.(FX>0.AND.FX2>0)
FX2=FX
ENDCASE
ENDDO
SET PROCEDURE TO PRGM12
IF (CLAVE=2)
DO CASE
CASE (AA<MC)
CHI=ESTPSI(FACLI-LOG(2))
AA=MC
CASE (AA>LI)
CHI=ESTPSI(FACMC-LOG(2))
AA=LI
ENDCASE
ENDIF
MDAT[14,3]=AA
MDAT[13,3]=CHI
@9,22  say "localización (α) : "+str(mdat[14,3],10,5)
@10,22 say "modelo  (τ)      : "+str(mdat[13,3],10,5)
CASE LAMBER = 7
*****************************************************
******** ESTIMACION DE RAYLEIGH       ***************
*****************************************************
K=-1
```

```
N=1
J=0
DO CASE
CASE LIFER=11
RY2=MDATO[1]-1E-05
CASE LIFER=22
RY2=MDAT[1,1]-1E-05
ENDCASE
DO WHILE .T.
K=K+1
RY=RY2+(-1)^(J-1)*K/N
C=1
STORE 0 TO SUMA,SUMA1,SUMA2,SUMA3
DO CASE
CASE LIFER=11
DO WHILE C< ND+1
SUMA1=SUMA1+(MDATO[C]-RY)
SUMA2=SUMA2+(MDATO[C]-RY)^2

C=C+1
ENDDO
SUMA=ND
CASE LIFER=22
DO WHILE C < NK+1
SUMA=SUMA+MDAT[C,2]
SUMA1=SUMA1+(MDAT[C,1]-RY)*MDAT[C,2]
SUMA2=SUMA2+((MDAT[C,1]-RY)^2)*MDAT[C,2]
SUMA3=SUMA3+(MDAT[C,2]/(MDAT[C,1]-RY))
C=C+1
ENDDO
ENDCASE
FX=(2*SUMA*SUMA1/SUMA2-SUMA3)
RAY=SUMA2/SUMA
@9,22 say  "localización (α) : "+str(ry,10,5)
@10,22 SAY "escala  (β)      : "+str(ray,10,5)
IF ABS(FX) < 1E-05
EXIT
ENDIF
DO CASE
CASE K=0
FX2=FX
CASE (FX<0.AND.FX2>0).OR.(FX>0.AND.FX2<0)
FX2=FX
RY2=RY
J=J+1
N=10^J
K=0
CASE (FX<0.AND.FX2<0).OR.(FX>0.AND.FX2>0)
FX2=FX
ENDCASE
ENDDO
RAY=SUMA2/SUMA
```

```
MDAT[15,3]=RAY
MDAT[16,3]=RY
@13,20 say seguir
read
CASE LAMBER = 8
****************************************************
****** ESTIMACION DE PARAMETRO WEIBULL *************
****************************************************
DO CASE
CASE LIFER = 11
WA=MDATO[1]-(1E-05)
CASE LIFER = 22
WA=MDAT[1,1]-1E-05
R1=0
@8,22 SAY " rango del parámetro de"
@9,22 SAY "localización (α):  ("+STR(R1,3,1)+" ; "
+STR(WA,7,deci(wa))+")"
r2="       "
@10,22 SAY " ingrese valor : " get r2
read
wea=val(r2)
ENDCASE
DO CASE
CASE LIFER=11
K=-1
N=1
J=0
DO WHILE .T.
K=K+1
WEA=WA+(-1)^(J-1)*K/N
@9,22 say "localización (α) :"+str(wea,10,5)
if wea < 0
wea=0
@9,22 say "localización (α) :"+str(wea,10,5)
exit
endif
C=1
STORE 0 TO SUMA,SUMA1,SUMA2,SUMA3
DO WHILE C < ND+1
SUMA1=SUMA1+(MDATO[C]-WEA)
SUMA2=SUMA2+(MDATO[C]-WEA)^2
SUMA3=SUMA3+(1/(MDATO[C]-WEA))
C=C+1
ENDDO
SUMA=ND
FX=(2*SUMA*SUMA1/SUMA2-SUMA3)
@9,22 SAY "LOCALIZACIαN (α) : "+STR(WEA,9,4)
IF ABS(FX) < 1E-05
WEA=WEA
@9,22 say "localización (α) : "+str(wea,10,5)
EXIT
ENDIF
```

```
DO CASE
CASE K=0
FX2=FX
CASE (FX<0.AND.FX2>0).OR.(FX>0.AND.FX2<0)
FX2=FX
WA=WEA
J=J+1
N=10^J
K=0
CASE (FX<0.AND.FX2<0).OR.(FX>0.AND.FX2>0)
FX2=FX
ENDCASE
ENDDO
ENDCASE
DO CASE
CASE LIFER =11
K=-1
N=1
J=0
WC=3
DO WHILE .T.
K=K+1
WEC=WC+(-1)^(J-1)*K/N
C=1
STORE 0 TO SUMA1,SUMA2,SUMA3
DO WHILE C < ND+1
SUMA1=SUMA1+(MDATO[C]-WEA)^(WEC)
SUMA2=SUMA2+((MDATO[C]-WEA)^(WEC)*LOG(MDATO[C]-WEA))
SUMA3=SUMA3+(LOG(MDATO[C]-WEA))
C=C+1
ENDDO
FX=SUMA2/SUMA1-1/WEC-SUMA3/ND
@10,22 say "modelo (τ)  : "+str(wec,10,5)
web=(suma1/nd)^(1/wec)
@11,22 say "escala (ß)  : "+str(web,10,5)
IF ABS(FX) < 1E-05
WEB=(SUMA1/ND)^(1/WEC)
@10,22 say "modelo (τ) : "+str(wec,10,5)
@11,22 say "escala (ß) : "+str(web,10,5)
C=1
DO WHILE C < NK+1
LI=(MDAT[C,1]-WEA)-ANCHO/2
IF C=1
IF LI < 0
LI=0
ENDIF
ENDIF
LS=(MDAT[C,1]-WEA)+ANCHO/2.00001
MDAT[C,11]=(ND)*(EXP(-((LI/WEB)^(WEC)))-EXP(-((LS/WEB)^(WEC))))
C=C+1
ENDDO
mdat[10,3]=wea
```

```
mdat[11,3]=web
mdat[12,3]=wec
@13,22 say seguir
read
EXIT
ENDIF
DO CASE
CASE K=0
FX2=FX
CASE (FX<0.AND.FX2>0).OR.(FX>0.AND.FX2<0)
FX2=FX
WC=WEC
J=J+1
N=10^J
K=0
CASE(FX<0.AND.FX2<0).OR.(FX>0.AND.FX2>0)
FX2=FX
ENDCASE
ENDDO
CASE LIFER = 22
@8,22 say "                                  "
@9,22 say "                                   "
CA=3.6
N=1
J=0
K=-1
FX2=0
LL=2
DO WHILE .T.
K=K+1
WEC=CA+(-1)^LL*K/N
IF WEC < 1
EXIT
ENDIF
C=1
STORE 0 TO SUMA11,SUMA22,SUMA33,SUMA
DO WHILE C < nk+1
SUMA=SUMA+MDAT[C,2]
SUMA11=SUMA11+(((MDAT[C,1]-WEA)^WEC)
*LOG(MDAT[C,1]-WEA))*MDAT[C,2]
SUMA22=SUMA22+((MDAT[C,1]-WEA)^WEC)*MDAT[C,2]
SUMA33=SUMA33+(LOG(MDAT[C,1]-WEA))*MDAT[C,2]
C=C+1
ENDDO
FX=SUMA11/SUMA22-1/WEC-SUMA33/SUMA
cc=1
suma5=0
do while cc < nk+1
SUMA5=SUMA5+((MDAT[CC,1]-WEA)^(WEC))*MDAT[CC,2]
CC=CC+1
ENDDO
WEB=(SUMA5/SUMA)^(1/WEC)
```

```
@9,22 say "localización (α)  : "+str(wea,9,deci(wea))
@10,22 say "modelo (τ)        : "+str(wec,9,4)
@11,22 SAY "escala (β)        : "+STR(WEB,10,5)
IF ABS(FX) < 0.000001
EXIT
ENDIF
IF K=0
LOOP
ENDIF
IF(FX<0.AND.FX2>0).OR.(FX>0.AND.FX2<0)
CA=CA+(-1)^LL*(K-1)/N
J=J+1
N=10^J
K=0
FX2=FX2
LOOP
ENDIF
IF (ABS(FX) > ABS(FX2))
IF FX > 0
LL=1
ENDIF
IF FX < 0
LL=2
ENDIF
K=0
CA = WEC
FX2=FX
LOOP
ENDIF
ENDDO
@13,20 say seguir
read
C=1
SUMA5=0
DO WHILE C < NK+1
SUMA5=SUMA5+((MDAT[C,1]-WEA)^(WEC))*MDAT[C,2]
C=C+1
ENDDO
WEB=(SUMA5/SUMA)^(1/WEC)
MDAT[10,3]=WEA
MDAT[11,3]=WEB
MDAT[12,3]=WEC
ENDCASE
CASE LAMBER = 1
************************************************
****  ESTIMACION DE PARAMETROS DE BETA  ********
************************************************
public fb
DECLARE FB[100]
store 0 to suma,suma1,suma2,x1
DO CASE
CASE LIFER=11
```

```
C=1
DO WHILE C < ND+1
SUMA1=SUMA1+MDATO[C]
SUMA2=SUMA2+MDATO[C]^2
C=C+1
ENDDO
SUMA=ND
MEDIA=SUMA1/ND
DESVIA=SQRT((SUMA2-SUMA1^2/ND)/ND)
CASE LIFER=22
c=1
 do while c < nk+1
do case
case mdat[c,2]=0
otherwise
do case
case c=1
x1=(mdat[c,1]^2-ancho*(mdat[1,2]-mdat[2,2])/(12*mdat[1,2])
+ancho^2/12)^(0.5)
case c=nk
x1=(mdat[nk,1]^2-ancho/(12)+ancho^2/12)^(0.5)
otherwise
x1=(mdat[c,1]^2-ancho*(mdat[c-1,2]-mdat[c+1,2])/(12*mdat[c,2])
+ancho^2/12)^(0.5)
endcase
suma=suma+mdat[c,2]

suma2=suma2+(x1^2)*MDAT[C,2]
endcase
c=c+1
enddo
MEDIA=(SUMA1/SUMA)
DESVIA=SQRT((SUMA2-SUMA1^2/SUMA)/SUMA)
ENDCASE
MDAT[20,3]=MDAT[1,1]-ANCHO/2
MDAT[21,3]=MDAT[NK,1]+ANCHO/2
MEDBETA=(MEDIA-MDAT[20,3])/(MDAT[21,3]-MDAT[20,3])
DESBETA=DESVIA^2/(MDAT[21,3]-MDAT[20,3])^2
Z=MEDBETA/(1-MEDBETA)
MDAT[18,3]=(Z/(DESBETA*(Z+1)^2)-1)/(Z+1)-1
MDAT[17,3]=Z*(MDAT[18,3]+1)-1
@8,22 say " limite inferior : "+str(mdat[20,3],9,4)
@9,22 say " limite superior : "+str(mdat[21,3],9,4)
@10,22 say "exponente alfa    : "+str(mdat[17,3],9,4)
@11,22 say "exponente beta    : "+str(mdat[18,3],9,4)
CASE LAMBER=4
************************************************
*************** DISTRIBUCION GAMMA  ************
************************************************
CLAVE=0
MC=0
IF MC<0
```

```
MC=0
ENDIF
DO CASE
CASE LIFER=11
LI=MDATO[1]-1E-05
CASE LIFER=22
LI=MDAT[1,1]-ancho/2.000001
IF LI<0
LI=0
ENDIF
ENDCASE
SET PROCEDURE TO PSI
K=-1
N=10
J=0
FX2=0
EE=LI
DO WHILE .T.
K=K+1
EA=EE+(-1)^(J-1)*K/N
IF (EA>LI.OR.EA<MC)
CLAVE=2
DO CASE
CASE EA>LI
EA=LI
CASE EA<MC
EA=MC
ENDCASE
EXIT
ENDIF
C=1
STORE 0 TO SUMA,SUMA1,SUMA3,SUMA4
DO CASE
CASE LIFER=11
DO WHILE C < ND+1
SUMA1=SUMA1+(MDATO[C]-EA)
SUMA3=SUMA3+1/(MDATO[C]-EA)
SUMA4=SUMA4+(LOG(MDATO[C]-EA))
C=C+1
ENDDO
SUMA=ND
CASE LIFER=22
DO WHILE C < NK+1
SUMA=SUMA+MDAT[C,2]
SUMA1=SUMA1+(MDAT[C,1]-EA)*MDAT[C,2]
SUMA3=SUMA3+MDAT[C,2]/(MDAT[C,1]-EA)
SUMA4=SUMA4+(LOG(MDAT[C,1]-EA))*MDAT[C,2]
C=C+1
ENDDO
ENDCASE
CE=(-SUMA3/(SUMA^2/SUMA1-SUMA3))
@9,22 say "localización (α) : "+str(ea,10,5)
```

```
@10,22 say "modelo (τ)         : "+str(ce,9,4)
BE=SUMA1/(SUMA*CE)
@11,22 say "escala  (β)        : "+str(be,9,4)
FX=PSI(CE)+LOG(BE)-SUMA4/SUMA
IF (ABS(FX)< 0.00001).or.( ABS(FX-FX2)< 0.00001)
CLAVE=0
EXIT
ENDIF
DO CASE
CASE K=0
FX2=FX
CASE (FX<0.AND.FX2>0).OR.(FX>0.AND.FX2<0)
FX2=FX
EE=EA
J=J+1
N=10^J
K=0
CASE (FX<0.AND.FX2<0).OR.(FX>0.AND.FX2>0)
FX2=FX
ENDCASE
ENDDO
SET PROCEDURE TO PRGM12
IF (CLAVE=2)
STORE 0 TO SUMA,MEDIA
DO CASE
CASE LIFER=11
SUMA5=1
C=1
DO WHILE C < ND+1
MEDIA=MEDIA+(MDATO[C]-EA)
SUMA5=SUMA5*(MDATO[C]-EA)^(1/ND)
C=C+1
ENDDO
MEDIA=MEDIA/ND
SUMA=ND
CASE LIFER=22
c=1
do while c < nk+1
suma=suma+mdat[c,2]
c=c+1
enddo
SUMA5=1
C=1
DO WHILE C < NK+1
MEDIA=MEDIA+((MDAT[C,1]-EA)*MDAT[C,2])
SUMA5=SUMA5*(MDAT[C,1]-EA)^(MDAT[C,2]/SUMA)
C=C+1
ENDDO
media=media/suma
ENDCASE
YY=LOG(MEDIA/SUMA5)
DO CASE
```

```
CASE (YY>0.OR.YY<0.578)
CE=(1/YY)*(0.5000876+0.1648852*YY-0.0544274*YY^2)
CASE (YY>.0578)
CE=(1/YY)*(17.79728+11.968477*YY+YY^2)^(-1)
    *(8.898919+9.059950*YY+0.9775373*YY^2)
ENDCASE
BE=MEDIA/CE
AE=EA
endif
SET PROCEDURE TO PRGM12
MDAT[7,3]=EA
MDAT[8,3]=BE
MDAT[9,3]=CE
@9,22 say "localizaci"n (') : "+str(mdat[7,3],9,4)
@10,22 say "escala (a)       : "+str(mdat[8,3],9,4)
@11,22 say "modelo (g)       : "+str(mdat[9,3],9,4)
ENDCASE
RETURN
```

```
****************************************************
*********** programa tesis  PRGM2        ***********
***** calculo de frecuencias y constantes  ********
****************************************************
SET TALK OFF
SET PROCEDURE TO PRGM12
IF SALIR=1
SET PRINT ON
ENDIF
DO CASE
CASE LAMBER = 6
suma1=0
C=1
DO WHILE C < NK+1
MDAT[C,9]=FNOR(MDAT[C,1],ANCHO,SUMA,MDAT[4,3],MDAT[3,3])
suma1=suma1+mdat[c,9]
C=C+1
ENDDO
suma1 = SUMA-suma1
mdifer=suma1/2
c=1
DO WHILE C < NK+1
c=c+1
enddo
CASE LAMBER = 5
SET PROCEDURE TO PRGM12
C=1
DO WHILE C < NK+1
MDAT[C,8]=FLOGNOR(MDAT[C,1],ANCHO,SUMA,MDAT[6,3],MDAT[5,3])
C=C+1
ENDDO
mdifer=0
c=1
do while .t.
xx=mdat[1,1]-ancho*c
if xx < 1
exit
endif
xy = flognor(xx,ancho,suma,mdat[6,3],mdat[5,3])
mdifer=mdifer+xy
c=c+1
enddo
CASE LAMBER=3
MC=MDAT[1,1]-ANCHO/2
suma3=0
C=1
DO WHILE C < NK+1
LI=(MDAT[C,1]-mc)-ancho/2
LS=(MDAT[C,1]-mc)+ancho/2.0001
MDAT[C,6]=(EXP(-((LI/MDAT[22,3])))-EXP(-((LS/MDAT[22,3]))))
SUMA3=SUMA3+MDAT[C,6]
C=C+1
```

```
ENDDO
c=1
do while c < nk+1
mdat[c,6]=mdat[c,6]*suma
c=c+1
enddo
CASE LAMBER = 2
IF NOSEGUIR=1
RETURN
ENDIF
c=1
@20,20 say " calculando valor de la función gamma "
KCHI=1/(2^MDAT[13,3]*GAMMA(MDAT[13,3]))
DO WHILE .T.
C=C+1
FF=KCHI*(C^(MDAT[13,3]-1))*EXP((-(C/2)))
IF (FF < 0.0001 .AND. C > 25)
EXIT
ENDIF
ENDDO
BB=C
INTER=INT((BB/NK*10))/10
STORE 0 TO SUMM,SU,SUMA1
C=1
DO WHILE C < NK+1
SUMA1=SUMA1+MDAT[C,2]
C=C+1
ENDDO
C=1
DO WHILE C < NK+1
LI=INTER*(C-1)
LS=INTER*C
MDAT[C,5] =(INTCHI(LI,LS,MDAT[13,3])*KCHI)*SUMA1
C=C+1
ENDDO
@20,20 say "                                      "
@13,20 say seguir
read
CASE LAMBER = 7
C=1
DO WHILE C < NK+1
LI=(MDAT[C,1]-MDAT[16,3])-ANCHO/2
IF LI < 0
LI=0
ENDIF
LS=(MDAT[C,1]-MDAT[16,3])+ANCHO/2.0001
MDAT[C,10]=(SUMA)*(EXP(-(LI^2/MDAT[15,3]))-EXP(-(LS^2/MDAT[15,3])

C=C+1
ENDDO
CASE LAMBER = 8
SUMFF=0
S1=0
```

```
C=1
DO WHILE C < NK+1
LI=(MDAT[C,1]-MDAT[10,3])-ANCHO/2
IF C=1
IF LI < 0
LI=0
ENDIF
ENDIF
LS=(MDAT[C,1]-MDAT[10,3])+ANCHO/2.000001
FF=SUMA*(EXP(-((LI/MDAT[11,3])^MDAT[12,3]))
   -EXP(-((LS/MDAT[11,3])^MDAT[12,3])))
MDAT[C,11]=FF
SUMFF=SUMFF+FF
C=C+1
ENDDO
CASE LAMBER = 1
@12,20 say "|                                       |"
@13,20 say "└───────────────────────────────────────┘"
@12,22 say "  const              : "
@20,22 say " calculando valor de la constante "
NK=(mdat[nk,1]-mdat[1,1])/ancho+1
KBAR=(MDAT[21,3]-MDAT[20,3])/NK
SUMFB=0
C=1
DO WHILE C < nk+1
X1=MDAT[20,3]+KBAR*(C-1)
IF C=1
X1=MDAT[20,3]+KBAR*0.00001
ENDIF
X2=MDAT[20,3]+KBAR*C/1.00001
MDAT[C,4]=IIBETA(X1,X2,MDAT[20,3],MDAT[21,3],MDAT[17,3],MDAT[18,3

SUMFB=SUMFB+MDAT[C,4]
C=C+1
ENDDO
MDAT[19,3]=SUMA/SUMFB
@12,22 say " const               : "+str(mdat[19,3],10,5)
r="   "
@20,20 say "                                              "
@14,20 say seguir
read
SU=0
C=1
DO WHILE C < nk+1
MDAT[C,4]=MDAT[19,3]*MDAT[C,4]
SU=SU+MDAT[C,4]
C=C+1
ENDDO
CASE LAMBER=4
SET PROCEDURE TO PSI
SET PROCEDURE TO PRGM12
@20,20 say " calculando valor función gamma "
KEARLY=1/(GAMMA(MDAT[9,3])*MDAT[8,3]^MDAT[9,3])
```

```
SUMA5=0
C=1
DO WHILE C < NK+1
DO CASE
CASE C=1
X1=(MDAT[1,1]-MDAT[7,3])-ANCHO/2
IF X1 < 0
X1=.000001
ENDIF
X2=(MDAT[1,1]-MDAT[7,3])+ANCHO/2.0001
OTHERWISE
X1=(MDAT[C,1]-MDAT[7,3])-ANCHO/2
X2=(MDAT[C,1]-MDAT[7,3])+ANCHO/2.0001
ENDCASE
MDAT[C,7]=SUMA*KEARLY*IEARLY(X1,X2,MDAT[9,3],MDAT[8,3])
SUMA5=SUMA5+MDAT[C,7]
C=C+1
ENDDO
@20,20 say "                                        "
@13,20 say seguir
read
ENDCASE
RETURN
```

```
******************************************
****** programa tesis  PRGM3  ************
****** salida de resultados    ***********
******************************************
IF NOSEGUIR=1
RETURN
ENDIF
CLEAR
IF SALIR=1
SET PRINT ON
ENDIF
? " TABLA DE FRECUENCIAS "
? " DISTRIBUCION "+PT
SET PROCEDURE TO PRGM12
VALORP="           VALORES DE LOS PARAMETROS "
DO CASE
CASE LAMBER=6
?"      MEDIA ARITMETICA   : "+STR(MDAT[3,3],10,5)
?"      DESV. ESTANDAR     : "+str(mdat[4,3],10,5)
CASE LAMBER=5
?"      MEDIA LOGNORMAL    : "+STR(MDAT[5,3],10,5)
?"      DESV. LOGNORMAL    : "+STR(MDAT[6,3],10,5)
CASE LAMBER=3
?"    PARAMETRO DE LOCALIZACION : "+str(MDAT[1,1],10,5)
?"    PARAMETRO EXPONENCIAL     : "+STR(MDAT[22,3],10,5)
CASE LAMBER=2
?"   PARAMETRO DE LOCALIZACION : "+STR(MDAT[14,3],10,5)
?"   PARAMETRO DE MODELO       : "+str(mdat[13,3],10,5)
CASE LAMBER=7
?"   PARAMETRO DE LOCALIZACION : "+STR(MDAT[16,3],10,5)
?"   PARAMETRO DE ESCALA       : "+STR(MDAT[15,3],10,5)
CASE LAMBER=8
?" PARAMETRO DE LOCALIZACION : "+STR(MDAT[10,3],10,5)
?" PARAMETRO DE ESCALA       : "+STR(MDAT[11,3],10,5)
?" PARAMETRO DE MODELO       : "+STR(MDAT[12,3],10,5)
CASE LAMBER=1
?" LIMITE INFERIOR   : "+str(MDAT[17,3],10,5)
?" LIMITE SUPERIOR   : "+STR(MDAT[18,3],10,5)
?" Exponente ALFA    : "+STR(MDAT[20,3],10,5)
?" Exponente BETA    : "+STR(MDAT[21,3],10,5)
?" const             : "+STR(MDAT[19,3],10,5)
CASE LAMBER=4
?" PARAMETRO DE LOCALIZACION : "+str(MDAT[7,3],10,5)
?" PARAMETRO DE ESCALA       : "+STR(MDAT[8,3],10,5)
?" PARAMETRO DE MODELO       : "+STR(MDAT[9,3],10,5)
ENDCASE
?"        clase       f(x)      f°(x)            F(x)      F°(x)    "
ndx=deci(mdat[1,1])
ndF=deci(mdat[1,2])
sufre=0
SU=0
C=1
```

```
DO WHILE C < NK+2
do case
case C=1
?"  <"+str(mdat[c,1]-ancho/2,10,deci(mdat[1,1])+1)+"            0 "
+str(mdifer,10,ndf+1)+"            0   "
+str(mdifer,10,ndf+1)
sufre=sufre+mdifer
almaks=abs(mdifer)
almachi=abs(mdifer)
otherwise
sufre=sufre+mdat[c-1,lamber+3]
su=su+mdat[c-1,2]
if almaks < abs(sufre-su)
almaks=abs(su-sufre)
endif
almachi=almachi+(mdat[c-1,2]
-mdat[c-1,lamber+3])^2/mdat[c-1,lamber+3]
?" "+STR(MDAT[C-1,1],10,ndx)+"   "+STR(MDAT[C-1,2],10,ndf)
+" "+STR(MDAT[C-1,LAMBER+3],10,ndf+1)
+"   "+str(su,10,ndf)+"   "+str(sufre,10,ndf+1)
endcase
c=c+1
ENDDO
DIFER=SU-SUFRE
almachi=almachi+abs(difer)
?"  >"+STR(MDAT[nk,1]+ANCHO/2,10,ndx+1)+"          0 "
+STR(DIFER,10,ndf+1)
+"   "+str(su,10,ndf)+"   "+str(sufre+difer,10,ndf+1)
?"     "+STR(SU,10,ndf)+" "+STR(SUFRE+difer,10,ndf+1)+"   "
?""
IF SALIR=1
SET PRINT OFF
ENDIF
WAIT
sufra=su-sufre
do PRGM13
return
```

```
***************************************
******  programa tesis PRGM4    ********
**  entrada de datos desde base de datos
***************************************
PUBLIC ND,NK,MDATO,md,MDA,B,FILA,FILA2,ANCHO,FILA3,NDC,VMAI
set procedure to prgml2
set intensity off
set talk off
BASE="         "
CLEAR
?"*************************************"
?"    LISTA DE BASES DE DATOS :"
?"************************************"
LIST FILES *.DBF
?"*************************************"
@17,3 SAY "╔════════════════════════════════════╗"
@18,3 SAY "║INGRESE NOMBRE DE LA BASE DE DATO A ACTIVAR " GET BAS

@19,3 SAY "╚════════════════════════════════════╝"
@18,57 say " .dbf ║ "
READ
clear
USE &BASE
list structure
DO WHILE .T.
STORE "  " TO NCAMPOS
store "          " to campo1, campo2
@ 14,25 SAY " ╔═══════════════════════════════════╗"
@ 15,25 SAY " ║ SELECCIONE  CAMPOS (1/2) : " GET NCAMPOS
@ 16,25 SAY " ╚═══════════════════════════════════╝"
@ 15,60 SAY " ║ "
READ
NC=VAL(NCAMPOS)
IF NC<3.AND.NC>0
EXIT
ENDIF
ENDDO
if nc = 1
lifer=11
@17,35 SAY " ║ campo 1 : " get campo1
@18,35 SAY " ╚═══════════════════════╝ "
@17,58 SAY " ║ "
read
endif
if nc=2
lifer=22
@17,35 say " ║ campo 1 : " get campo1
@18,35 say " ║ campo 2 : " get campo2
@19,35 SAY " ╚═══════════════════════╝ "
@17,58 SAY " ║ "
@18,58 SAY " ║ "
read
endif
```

```
clear
DO CASE
CASE LIFER=11
COUNT TO ND     && nnúmero de datos simples
USE &BASE
DECLARE MDA[ND,1],mdato[nd]
COPY TO ARRAY MDA FIELDS &CAMPO1
c=1
do while c < nd+1
mdato[c]=mda[c,1]
c=c+1
enddo
BTC=1
DO WHILE .T.
CLEAR
FILA=2
DO prgm6
DO prgm7
VMAI=(MDATO[ND]-MDATO[1])/31
DO WHILE .T.
AA="   "
@18,2 SAY " ingrese ancho de intervalo " GET AA
READ
ANCHO=VAL(AA)
IF ANCHO<=VMAI
LOOP
ENDIF
EXIT
ENDDO
DO prgm8
DO WHILE .T.
DO prgm9
STORE SPACE(5) TO MAR,ANCH
@19,2 SAY " modifica ancho (S/N) : " GET MAR
READ
DO CASE
CASE UPPER(MAR)="S"
@20,2 SAY " Nuevo valor de la amplitud del intervalo : " GET ANCH
READ
ANCHO=VAL(ANCH)
DO prgm8
LOOP
OTHERWISE
EXIT
ENDCASE
ENDDO
STORE SPACE(5) TO MAR
@FILA2+5,2 SAY " vuelve a datos simples (S/N) " GET MAR
READ
IF UPPER(MAR)="N"
EXIT
ELSE LOOP
```

```
ENDIF
ENDDO
CASE LIFER=22
COUNT TO NK
DECLARE MD[NK,2]
COPY TO ARRAY MD FIELDS &CAMPO1, &CAMPO2
ANCHO=(MD[2,1]-MD[1,1])
DO WHILE .T.
DO prgm9
STORE SPACE(7) TO MAR,NCOR,V1,V2
@19,2 SAY " modifica DATOS (S/N) : " GET MAR
READ
DO CASE
CASE UPPER(MAR)="S"
@20,2 SAY " nª DATO : " GET NCOR
READ
CORO=VAL(NCOR)
@21,2 SAY " x    : "+STR(MD[CORO,1],6,DECI(MD[CORO,1]))
@22,2 SAY " f(x) : "+STR(MD[CORO,2],6,DECI(MD[CORO,2]))
@21,30 GET V1
READ
@22,30 GET V2
READ
MD[CORO,1]=VAL(V1)
MD[CORO,2]=VAL(V2)
LOOP
OTHERWISE
EXIT
ENDCASE
ENDDO
ENDCASE
RETURN
```

```
*********************************************
***  programa tesis PRGM5          **********
** rutinas de modificacion de datos *********
*********************************************
public b,fila,FILA2,ANCHO,FILA3,ndc
set talk off
set procedure to prgm12
do while .t.
clear
fila=2
do prgm6
do prgm7
DO prgm8
DO prgm9
STORE SPACE(5) TO MAR
@18,2 say " vuelve a datos simple (S/N) " get mar
read
if upper(mar)="N"
exit
else loop
endif
enddo
return
```

```
*********************************************
******** programa tesis  PRGM6    ***********
******** entrada de datos simples      ******
*********************************************
k=int(nd/10)+1
clear
@fila,3 say "┌──────────────────────────────────────┐"
c=1
do while c < k+1
@fila+c,3 say "|"
@fila+c,76 say "|"
c=c+1
enddo
@fila+c,3 say "└────────────────────────────────────┘"
c=1
l=5
b=fila+1
k=0
do while c < nd+1
h1=0
ndc=0
do while .t.
h1=h1+1
h2=10^h1
h3=(int(mdato[c]*h2))/h2
if(mdato[c]=h3).and.(h1>ndc)
ndc=h1
exit
endif
enddo
@ b,l say str(mdato[c],7,ndc)
l=l+7
c=c+1
k=k+1
if k=10
b=b+1
l=5
k=0
endif
enddo
a="  "
FILA2=B+2
@FILA2,1 say " presione RETURN para continuas " get a
read
return
```

```
*****************************************
******* programa tesis PRGM7      *******
******* modificacion de datos     *******
*****************************************
DO WHILE .T.
STORE SPACE(5) TO CONFIRMAR, NCOR, DATO
@FILA2,2 SAY " se han de corregir datos (S/N) : " GET CONFIRMAR
READ
IF UPPER(CONFIRMAR)="N"
EXIT
ENDIF
@FILA2+1,2 SAY " REGISTRO nª : " GET NCOR
READ
DD=VAL(NCOR)
IF (DD=0).OR.(DD>ND).OR.(INT(DD)<>DD)
LOOP
ENDIF
@FILA2+2,5 SAY " VALOR      : "+STR(MDATO[DD],10,3)
@FILA2+3,5 SAY " CORRECCION : " GET DATO
READ
MDATO[DD]=VAL(DATO)
C=0
L=5
B=FILA+1
K=0
DO WHILE C < ND
C=C+1
H1=0
NDC=0
DO WHILE .T.
H1=H1+1
H2=10^H1
H3=(INT(MDATO[C]*H2))/H2
IF(MDATO[C]=H3).AND.(H1>NDC)
NDC=H1
EXIT
ENDIF
ENDDO
@B,L SAY STR(MDATO[C],7,NDC)
L=L+7
K=K+1
IF K=10
B=B+1
L=5
K=0
ENDIF
ENDDO
ENDDO
RETURN
```

```
 ***********************************************
 ******* programa tesis PRGM8          ********
 ******* ordenamiento de datos     ************
 ***********************************************
set procedure to PRGM12
store space(7) to confirmar,anch
K=1
C=1
DO WHILE K < ND
L=K+1
DO WHILE L < ND+1
IF(MDATO[K]>MDATO[L]).OR.(MDATO[K]=MDATO[L])
AL=MDATO[L]
MDATO[L]=MDATO[K]
MDATO[K]=AL
ENDIF
L=L+1
ENDDO
K=K+1
ENDDO
DECLARE MD[100,2]
ndd=10^deci(ancho)
MD[1,1]=(INT((MDATO[1]+ANCHO/2)*ndd)/ndd)
IF MD[1,1] <= 0
MD[1,1]=INT(0.5+ANCHO/2)
ENDIF
K=1
DO WHILE .T.
MD[K,1] = MD[1,1]+(K-1)*ANCHO
LI = MD[K,1]-ANCHO/2
LS=MD[K,1]+ANCHO/2.0001
MD[K,2]=0
C=1
DO WHILE C < ND+1
IF(LI=<MDATO[C]).AND.(LS=>MDATO[C])
MD[K,2]=MD[K,2]+1
ENDIF
C=C+1
ENDDO
IF LS > MDATO[ND]
EXIT
ENDIF
K=K+1
LOOP
ENDDO
NK=K
IF BTC=2
C=1
DO WHILE C < NK+1
MDAT[C,1]=MD[C,1]
MDAT[C,2]=MD[C,2]
C=C+1
```

```
****************************************
******* programa tesis PRGM9   **********
******* salida de datos tabulados   *****
****************************************
CLEAR
SET PROCEDURE TO PRGM12
SET TALK OFF
SET DECIMAL TO 5
SET INTENSITY OFF
@3,2 SAY " ancho del intervalo es : " + str(ancho,10,deci(ancho))

B=7
LINEA1= " ┌─────────┬─────────┐"
LINEA2= " │    X    │  f(x)   │"
LINEA3= " ├─────────┼─────────┤"
LINEA4= " └─────────┴─────────┘"
L=0
C=1
DO WHILE C < NK+1
B=C+7
if c=10
@b+1,l+1 say linea4
endif
do case
case (c>10.and.c=<20)
B=C+7-10
L=23
if c=20
@b+1,l+1 say linea4
endif
case (c>20.and.c<31)
b=c-13
l=46
endcase
@5,1+L SAY LINEA1
@6,1+L SAY LINEA2
@7,1+L SAY LINEA3
@B,2+L SAY "│"
@B,12+L SAY "│"
@B,22+L SAY "│"
C=C+1
ENDDO

@b+1,l+1 say linea4
c=1
l=1
A=2
a2=13
do while c < NK+1
b=c+7
DO CASE
CASE (C>10.AND.C=<20)
B=C+7-10
A=24
```

Page # 2

```
a2=35
CASE (C>20.AND.C<31)
B=C+7-20
A=48
a2=58
ENDCASE
@b,l+A say str(MD[c,1],8,DECI(MD[C,1]))
@B,L+a2 SAY STR(MD[C,2],8,DECI(MD[C,2]))
c=c+1
enddo
FILA3=B+1
IF NK > 10
FILA3=18
ENDIF
RETURN
```

Page # 1

```
*****************************************
****** programa tesis  PRGM10   *********
****** rutina de correccion de datos  ***
*****************************************
DO WHILE .T.
STORE SPACE(4) TO CORO,CONFIR,A1,AA
DO prgm9
@19,2 SAY " se ha de corregir datos (S/N) : " GET CONFIR
READ
IF UPPER(CONFIR)="N"
EXIT
ENDIF
@20,2 SAY " Corregir datos Nª  " GET CORO
READ
KK=VAL(CORO)
@21,2 SAY "   x  : " +STR(MD[KK,1],10,5)
@22,2 SAY " f(x) : " +STR(MD[KK,2],10,5)
@21,25 GET A1
read
@22,25 GET Aa
READ
MD[kk,1]= VAL(A1)
MD[kk,2]= VAL(Aa)
ENDDO
```

```
**********************************************
******** programa tesis  PRGM11       ********
******** entrada de datos desde teclado ********
**********************************************
PUBLIC NARCHIVO,NK,ANCHO,MD,nd,mdato,FILA2,B,FILA,fila3,VMAI
CLEAR
SET PROCEDURE TO PRGM12
SET TALK OFF
SET DECIMAL TO 5
SET INTENSITY OFF
NARCHIVO = "        "
PE1= " ┌────────────────────────────────────────┐ "
PE2= " │ PANTALLA : ENTRADA DE DATOS TABULADOS  │ "
PE4= " │ PANTALLA : ENTRADA DE DATOS SIMPLE     │ "
PE3= " └────────────────────────────────────────┘ "
DO CASE
CASE LIFER = 22
IF CLAVE=1
@1,5 SAY PE1
@2,5 SAY PE2
@3,5 SAY PE3
DO WHILE .T.
STORE "    " TO NN
@4,5 SAY " Nª de Datos a ingresar : " GET NN
READ
NK= VAL(NN)
IF (NK<3).OR.(NK> 31).OR.(INT(NK) <> NK )
LOOP
ENDIF
EXIT
ENDDO
DECLARE MD[NK,2]
ENDIF
LINEA1= " ┌──────────┬──────────┐ "
LINEA2= " │    X     │   f(x)   │ "
LINEA3= " ├──────────┼──────────┤ "
LINEA4= " └──────────┴──────────┘ "
DO WHILE .T.
L=0
STORE 1 TO C,B
DO WHILE C < NK+1
B=C+7
IF C = 10
@B+1,L+1 SAY LINEA4
ENDIF
DO CASE
CASE(C>10.AND.C=<20)
B=C-3
L=23
IF C=20
@B+1,L+1 SAY LINEA4
ENDIF
```

```
CASE (C>20.AND.C=<30)
B=C-13
L=46
ENDCASE
@5,1+L SAY LINEA1
@6,1+L SAY LINEA2
@7,1+L SAY LINEA3
@B,2+L SAY "|"
@B,12+L SAY "|"
@B,22+L SAY "|"
C=C+1
ENDDO
@B+1,L+1 SAY LINEA4
STORE 1 TO C,L
DO WHILE C < NK+1
STORE SPACE(7) TO V1,V2
DO CASE
CASE ( C=<10)
B=C+7
A=2
A2=12
CASE (C>10.AND.C<=20)
B=C-3
A=25
A2=36
CASE (C>20.AND.C<=30)
B=C-13
A=48
A2=58
ENDCASE
IF (CLAVE=1)
@B,L+A GET V1
READ
MD[C,1]=VAL(V1)
ENDIF
@B,L+A SAY STR(MD[C,1],6,DECI(MD[C,1]))
IF (CLAVE=1)
@B,L+A2 GET V2
READ
MD[C,2]=VAL(V2)
ENDIF
@B,L+A2 SAY STR(MD[C,2],6,DECI(MD[C,2]))
C=C+1
ENDDO
CLAVE=2
STORE SPACE(7) TO MAR,ANCH,NCOR,V1,V2
@19,2 SAY " modificar DATOS (S/N)  " GET MAR
READ
DO CASE
CASE UPPER(MAR)="S"
@20,2 SAY " nº DATO : " GET NCOR
READ
```

```
CORO=VAL(NCOR)
@21,2 SAY " x : "+STR(MD[CORO,1],6,DECI(MD[CORO,1]))
@22,2 SAY " f(x) : "+STR(MD[CORO,2],6,DECI(MD[CORO,2]))
@21,30 GET V1
READ
@22,30 GET V2
READ
MD[CORO,1]=VAL(V1)
MD[CORO,2]=VAL(V2)
LOOP
OTHERWISE
EXIT
ENDCASE
ENDDO
ANCHO=(MD[2,1]-MD[1,1])
RETURN
CASE LIFER = 11
@2,5 SAY PE1
@3,5 SAY PE4
@4,5 SAY PE3
DO WHILE .T.
STORE SPACE(3) TO NN
@5,5 SAY "Número de DATOS a ingresar : " GET NN
READ
ND = VAL(NN)
IF(ND=0).OR.(ND>130).OR.(ND<>INT(ND))
LOOP
ENDIF
EXIT
ENDDO
STORE SPACE(6) TO DATO,C,CONFIRMAT,NCOR
DECLARE MDATO[ND]
K=INT(ND/10)+1
@6,3 SAY  "┌──────────────────────────────────────┐"
C=1
DO WHILE C < K+1
@6+C,3 SAY "│"
@6+C,76 SAY "│"
C=C+1
ENDDO
@6+C,3 SAY "└──────────────────────────────────────┘"
C=1
L=5
B=7
K=0
DO WHILE C < ND+1
DATO = "      "
@ B,L GET DATO
READ
MDATO[C]=VAL(DATO)
L=L+7
C=C+1
```

```
K=K+1
 IF K=10
B=B+1
L=5
K=0
 ENDIF
ENDDO
FILA2=B+2
FILA=6
DO PRGM7
VMAI=(MDATO[ND]-MDATO[1])/31
store space(5) to mar,anch
@fila2+3,2 say "            "
DO WHILE .T.
ANCH="    "
@fila2+1,2 say " ingrese ancho " get anch
read
ancho=val(anch)
IF ANCHO<=VMAI
LOOP
ENDIF
EXIT
ENDDO
DO PRGM8
DO PRGM9
ENDCASE
coor="  "
@21,5 SAY " presione RETURN para continuar " get coor
read
clear
RETURN
```

```
************************************************
****** programa tesis PRGM12         ***********
****** funciones                     ***********
************************************************

FUNCTION FNOR
PARAMETERS CLASE,ANCHO,NUM,D,M
NOR1=(NUM*ANCHO)/(D*SQRT(2*3.141592654))
*(EXP(-0.5*(CLASE-M)^2/D^2))
RETURN NOR1

FUNCTION FLOGNOR
PARAMETERS LCLASE,LANCHO,LNUM,LD,LM
IF LCLASE < 0
LOGN1=0
ELSE
LOGN1=(LANCHO*LNUM/(LD*LCLASE*SQRT(2*3.141592654)))
*EXP(-.5*(LOG(LCLASE)-LM)^2/LD^2)
ENDIF
RETURN LOGN1

FUNCTION MOMCW
PARAMETERS MED,DES,VMP
DECLARE MK[6]
WK=0
Z=DES/(MED-VMP)
MK[1]=-0.220040320
MK[2]=-0.001433169
MK[3]=0.150611381
MK[4]=-0.078575996
MK[5]=-0.004305716
MK[6]=0.008804944
C=1
DO WHILE C<7
WK=WK+(MK[C])*(Z^(C-1))
C=C+1
ENDDO
CW=1/(Z*(1+((1-Z)^2)*WK))
RETURN CW

FUNCTION GAMMAI
PARAMETERS VALORG,ICG,IBG,ANCHO
PRIVATE C,SUMA,N,V
C=1
H=0.01
SUMA=0
N=(ANCHO/H)
V1=(VALORG-ANCHO/2)
V2=(VALORG+ANCHO/2)
SUMA=(V1^(ICG-1)*EXP(-V1/IBG))+(V2^(ICG-1)*EXP(-V2/IBG))
DO WHILE C<N
V=V1+H*C
```

```
SUMA=SUMA+2*(V^(ICG-1)*EXP(-V/IBG))
C=C+1
ENDDO
IGAMMA=H*SUMA/2
RETURN IGAMMA

FUNCTION GAMMA
PARAMETER GA
PRIVATE GA,C,SUMA
H=0.1
C=1
SUMA=0
DO WHILE C<1002
SUMA=SUMA+((H*C)^(GA-1)*EXP(-(H*C)))
C=C+1
ENDDO
GAMMA=SUMA*H
RETURN GAMMA

FUNCTION DURAN
PARAMETER MEDIA,MEDGEO
PRIVATE YY,MEDIA,MEDGEO
YY=LOG(MEDIA/MEDGEO)
IF YY < .0577199
GAMMAC=(0.5000876+0.1648852*YY-0.0544274*YY^2)/YY
ELSE
GAMMAC=(8.898919+9.05995*YY+0.9775373*YY^2)/(YY
*(17.79728+11.968477*YY+YY^2))
ENDIF
RETURN GAMMAC

FUNCTION ESTPSI
PARAMETER V
C=0.6931
J=0
I=0
N=1
       DO WHILE .T.
       K=C+I/N
       FK=LOG(K)-1/(2*K)-1/(12*K^2)+1/(120*K^4)
       -1/(252*K^6)+1/(432*K^8)-1/(660*K^10)+1/(936*K^12)
       IF ABS((V-FK)/V) < .00001
       EXIT
       ENDIF
       IF FK < V
       I=I+1
       ENDIF
       IF FK > V
       J=J+1
       C=C+(I-1)/N
       N=10^J
       I=0
```

```
        ENDIF
        LOOP
        ENDDO
        ?" valor de c "+ str(k,10,5)
        wait
        RETURN K

FUNCTION ESTGA
PARAMETER VALORGA
PRIVATE VALORGA
C=100
J=0
I=0
N=1
DO WHILE .T.
G=C-I/N
FG=ABS(PSI(G)-LOG(G))
IF ABS((VALORGA-FG)/VALORGA)<0.000001
EXIT
ENDIF
IF FG< VALORGA
I=I+1
ENDIF
IF FG > VALORGA
J=J+1
C=C-(I-1)/N
N=10^J
I=0
ENDIF
LOOP
ENDDO
RETURN G

FUNCTION IBETA
PARAMETERS VALORMIN, VALORMAX, ABETA, YBETA
SUMA=0
K=1
H=(VALORMAX-VALORMIN)/100
DO WHILE K < 100
VALOR=VALORMIN+H*K
SUMA=SUMA+((VALOR-VALORMIN)^(ABETA))*((VALORMAX-VALOR)^(YBETA))*2
K=K+1
ENDDO
IBETA=SUMA*H/2
RETURN IBETA

FUNCTION INTCHI
PARAMETERS A1,A2,CHIC
SUMA=0
SUMA = SUMA + (A1^(CHIC-1))*EXP(-A1/2)
SUMA = SUMA + (A2^(CHIC-1))*EXP(-A2/2)
H = (A2-A1)/100
```

```
CC=1
DO WHILE CC < 100
AA = A1 + H*CC
SUMA = SUMA + 2*(AA^(CHIC-1))*EXP(-AA/2)
CC = CC+1
ENDDO
SUMA = H*SUMA/2
RETURN SUMA

FUNCTION IGAMMA
PARAMETERS A1,A2,A,B,C
SUMA=0
SUMA = SUMA + ((A1-A)/B)^(C-1)*EXP((-(A1-A)/B))
SUMA = SUMA + ((A2-A)/B)^(C-1)*EXP((-(A2-A)/B))
H=(A2-A1)/100
CC=1
DO WHILE CC < 100
AA = A1+H*CC
SUMA = SUMA+((AA-A)/B)^(C-1)*EXP((-(AA-A)/B))*2
CC=CC+1
ENDDO
SUMA=H*SUMA/2
RETURN SUMA

FUNCTION IIBETA
PARAMETERS X1,X2,A,B,ABETA,YBETA
PRIVATE SUMA,X
SUMA = 0
SUMA = SUMA + (X1-A)^ABETA*(B-X1)^YBETA
SUMA = SUMA + (X2-A)^ABETA*(B-X2)^YBETA
H=(X2-X1)/100
CB=1
DO WHILE CB < 100
X=X1+H*(CB)
SUMA = SUMA + 2*((X-A)^ABETA*(B-X)^YBETA)*H
CB=CB+1
ENDDO
SUMA=H*SUMA/2
RETURN SUMA

FUNCTION DECI
PARAMETER VALO
PRIVATE NDC,H1,H2,H3
H1=-1
NDC=0
DO WHILE .T.
H1=H1+1
H2=10^H1
H3=(INT(VALO*H2))/H2
IF(VALO=H3)
NDC=H1
EXIT
```

```
ENDIF
ENDDO
RETURN NDC

FUNCTION IEARLY
PARAMETERS X1,X2,CE,BE
SUMAI=0
SUMAI=SUMAI+(X1^(CE-1)*EXP(-X1/BE))
SUMAI=SUMAI+(X2^(CE-1)*EXP(-X2/BE))
H=(X2-X1)/100
CC=1
DO WHILE CC<100
XX=X1+H*CC
SUMAI=SUMAI+2*(XX^(CE-1)*EXP(-XX/BE))
CC=CC+1
ENDDO
SUMAI=SUMAI*H/2
RETURN SUMAI

FUNCTION GPSI
PARAMETERS W
C=0.6931
STORE 0 TO I,J
N=1
DO WHILE .T.
K=C+I/N
FW=(-1/(2*K))-(1/(12*K^2))+(1/(120*K^4))
-(1/(252*K^6))+(1/(432*K^8))-(1/(660*K^10))+(1/(936*K^12))
?"  FW "+STR(FW,10,5)+"       C : "+STR(K,10,5)
IF ABS((W-FW)/W) < 1E-05
EXIT
ENDIF
DO CASE
CASE FW < W
I=I+1
CASE FW > W
J=J+1
C=C+(I-1)/N
N=10^J
I=0
ENDCASE
LOOP
ENDDO
RETURN K
```

```
****************************************
******** programa tesis PRGM13    ******
******** salida de resultados     ******
*****************************************
CLEAR
SET DEVICE TO SCREEN
SET PROCEDURE TO PRGM12
IF SALIR=1
SET PRINT ON
SET DEVICE TO PRINT
ENDIF
STORE 0 TO MEDIA1,MEDIA2,DESVIA1,DESVIA2,
M2,M3,M4,MM2,MM3,MM4,suma
C=1
DO WHILE C < NK+1
suma=suma+mdat[c,2]
MEDIA1=MEDIA1+MDAT[C,1]*MDAT[C,2]
MEDIA2=MEDIA2+MDAT[C,1]*MDAT[C,LAMBER+3]
C=C+1
ENDDO
CAROL=MDAT[NK,1]+ANCHO
MEDIA1=MEDIA1/SUMA
MEDIA2=(CAROL*SUFRA+MEDIA2)/SUMA
ALMACHI=0
C=1
DO WHILE C < NK+1
KK1=(MDAT[C,1]-MEDIA1)
KK2=(MDAT[C,1]-MEDIA2)
M2=M2+KK1^2*MDAT[C,2]
M3=M3+KK1^3*MDAT[C,2]
M4=M4+KK1^4*MDAT[C,2]
MM2=MM2+KK2^2*MDAT[C,LAMBER+3]
MM3=MM3+KK2^3*MDAT[C,LAMBER+3]
MM4=MM4+KK2^4*MDAT[C,LAMBER+3]
ALMACHI=ALMACHI+((MDAT[C,2]-MDAT[C,LAMBER+3]))^2/MDAT[C,LAMBER+3]
C=C+1
ENDDO
ALMACHI=ALMACHI+1
MM2=MM2+((CAROL-MEDIA2)^2)*SUFRA
MM3=MM3+((CAROL-MEDIA2)^3)*SUFRA
MM4=MM4+((CAROL-MEDIA2)^4)*SUFRA
DESVIA1=SQRT(M2/SUMA)
DESVIA2=SQRT(MM2/SUMA)
SIME1=(M3/SUMA)/(DESVIA1^3)
SIME2=(MM3/SUMA)/(DESVIA2^3)
EXCESO1=(M4/SUMA)/(DESVIA1^4)-3
EXCESO2=(MM4/SUMA)/(DESVIA2^4)-3
@1,2 SAY " ESTADISTICO DE SELECCION "
@2,3 say "┌──────────────────────────────────────────────────────┐

@3,3 say "| valor muestral test  :                                |

@4,3 say "| chi-cuadrado         : "
```

```
@5,3 say "└──────────────────────────────────────────────────────┘
@10,4 say "┌──────────────────────────┬─────────────┬────────────┐"
@11,4 say "│ medidas descriptivas     │ observados  │ esperadas  │"
@12,4 say "├──────────────────────────┼─────────────┼────────────┤"
@13,4 say "│ MEDIA ARITMETICA         │"
+STR(MEDIA1,8,4)+ "     │ "+STR(MEDIA2,8,4)+"   │"
@14,4 say "│ DESVI. ESTAND            │"+STR(DESVIA1,8,4)
+ "     │ "+STR(DESVIA2,8,4)+"   │"
@15,4 say "│ COEFICIENTE DE SIMETRIA  │"
+STR(SIME1,8,4)+"     │ "+STR(SIME2,8,4)+"   │"
@16,4 say "│ COEFICIENTE DE EXCESO    │"
+STR(EXCESO1,8,4)+"     │ "+STR(EXCESO2,8,4)+"   │"
@17,4 say "└──────────────────────────┴─────────────┴────────────┘"
?
?
IF SALIR=1
SET PRINT OFF
SET DEVICE TO SCREEN
ENDIF
WAIT
clear
RETURN
```

IX ANEXOS

ANEXO 1. Ecuaciones de estimación de parámetros por el método de máxina verisimilitud

a) Distribución chi-cuadrado: la ecuación de verosimilitud a ser resuelta, para el parámetro de localización y de modelo, es :

$$\Psi(\tau) = Ln(2) - \frac{\Sigma\, Ln(x_i-\alpha)}{N} \qquad \text{ec.1.1.}$$

$\Psi(s)$: función digamma.

b) Distribución exponencial negativa: la ecuación que se utiliza tiene la siguente expresión :

$$\theta = \frac{\Sigma\, x_i}{N} - x1 \qquad \text{ec.2.1.}$$

c) Distribución gamma: presenta tres ecuaciones, donde las ecuaciones de los parámetros de escala y modelo son función del parámetro de localización.

$$\beta = \frac{\Sigma(x_i-\alpha)}{N*\tau} \qquad \text{ec.3.1.}$$

$$\tau = \frac{\Sigma \dfrac{1}{(x_i-\alpha)}}{\Sigma \dfrac{1}{(x_i-\alpha)} - \dfrac{N^2}{\Sigma(x_i-\alpha)}} \qquad \text{ec.3.2.}$$

$$Ln(\beta) + \yen(\tau) - \Sigma \frac{Ln(x_i-\alpha)}{N} = 0 \qquad \text{ec.3.3.}$$

d) <u>Distribución normal</u>: los parámetros corresponden a la media y varianza.

$$\mu = \frac{\Sigma(x_i-\alpha)}{N} \qquad \text{ec.4.1.}$$

$$\sigma^2 = \frac{\Sigma(x_i-\mu)^2}{N} \qquad \text{ec.4.2.}$$

e) <u>Distribución lognormal</u>: los parámetros corresponden a la media y varianza de los valores logaritmo natural .

$$\mu^\circ = \frac{\Sigma(\ln(x_i-\alpha))}{N} \qquad \text{ec.5.1.}$$

$$\sigma^{\circ 2} = \frac{\Sigma(Ln(x_i)-\mu^\circ)^2}{N} \qquad \text{ec.5.2.}$$

f) <u>Distribución rayleigh</u>: presenta dos ecuaciones, donde la expresión del valor del parámetro de escala es reemplazado en la segunda ecuación, quedando solo una ecuación a resolver.

$$\beta = \frac{\Sigma(x_i-\alpha)^2}{N} \qquad \text{ec.6.1.}$$

$$-\frac{N}{\alpha} + \frac{2}{\beta^2}\Sigma(x_i-\alpha) = 0 \qquad \text{ec.6.2.}$$

g) <u>Distribución weibull</u>: presenta dos ecuaciones que han de resolverse simultáneamente, para luego obtener el valor del tercer parámetro.

$$(\tau-1)\Sigma\frac{-1}{(x_i-\alpha)} + \frac{N*\tau}{\Sigma(x_i-\alpha)^\tau}\left[\Sigma(x_i-\alpha)^{\tau-1}\right] = 0 \qquad \text{ec.7.1}$$

$$\frac{N}{\tau} + \Sigma Ln(x_i-\alpha) - \frac{N}{\Sigma(x_i-\alpha)^\tau}\left[\Sigma(x_i-\alpha)^\tau Ln(x_i-\alpha)\right] = 0 \qquad \text{ec.7.2.}$$

$$\beta = \left[\frac{\Sigma(x_i-\alpha)^\tau}{N}\right]^{1/c} \qquad \text{ec.7.3.}$$

ANEXO 2. Método de momento para la estimación de los valores de los parámetros de la distribución beta.

A través de este método se relacionan los exponentes de la distribución beta con la media y varianza:

$$\frac{\mu-a}{b-a} = \frac{p+1}{p+q+2}$$

$$\frac{\sigma^2}{(b-a)^2} = \frac{(p+1)*(q+1)}{(p+q+2)*(p+q+3)^{3}}$$

donde a y b son los límites de la distribución.

Si la distribución de frecuencia es dado en K clases y de ancho 2w, donde x_i:1,...,K, son las marcas de clase, los valores de a y b pueden ser obtenidos de las siguentes expresiones :

$$a = x_1 - w \qquad b = x_k + w$$

Si los límites a,b y la media y varianza son sustituidos en las expresiones anteriores definidas para los exponentes, los valores de los parámetros son obtenidos :

$$q = \frac{\dfrac{z*(b-a)^2}{\sigma^2*(z+1)^2} - 1}{(z+1)} - 1$$

$$p = z(q+1) - 1$$

$$z = \frac{\mu*(1- \dfrac{\mu}{b-a})}{b-a}$$

Cuando p y q son determinados, la función beta es definida, fijando un modelo de la curva.

Integrando la función para los límites a y b obtendremos el área bajo la curva y dividiendo la frecuencia acumulada muestral por esta área obtendremos el factor de corrección para el cálculo de la frecuencia de cada intervalo.

ANEXO Nº 3. Diagramas de flujos.

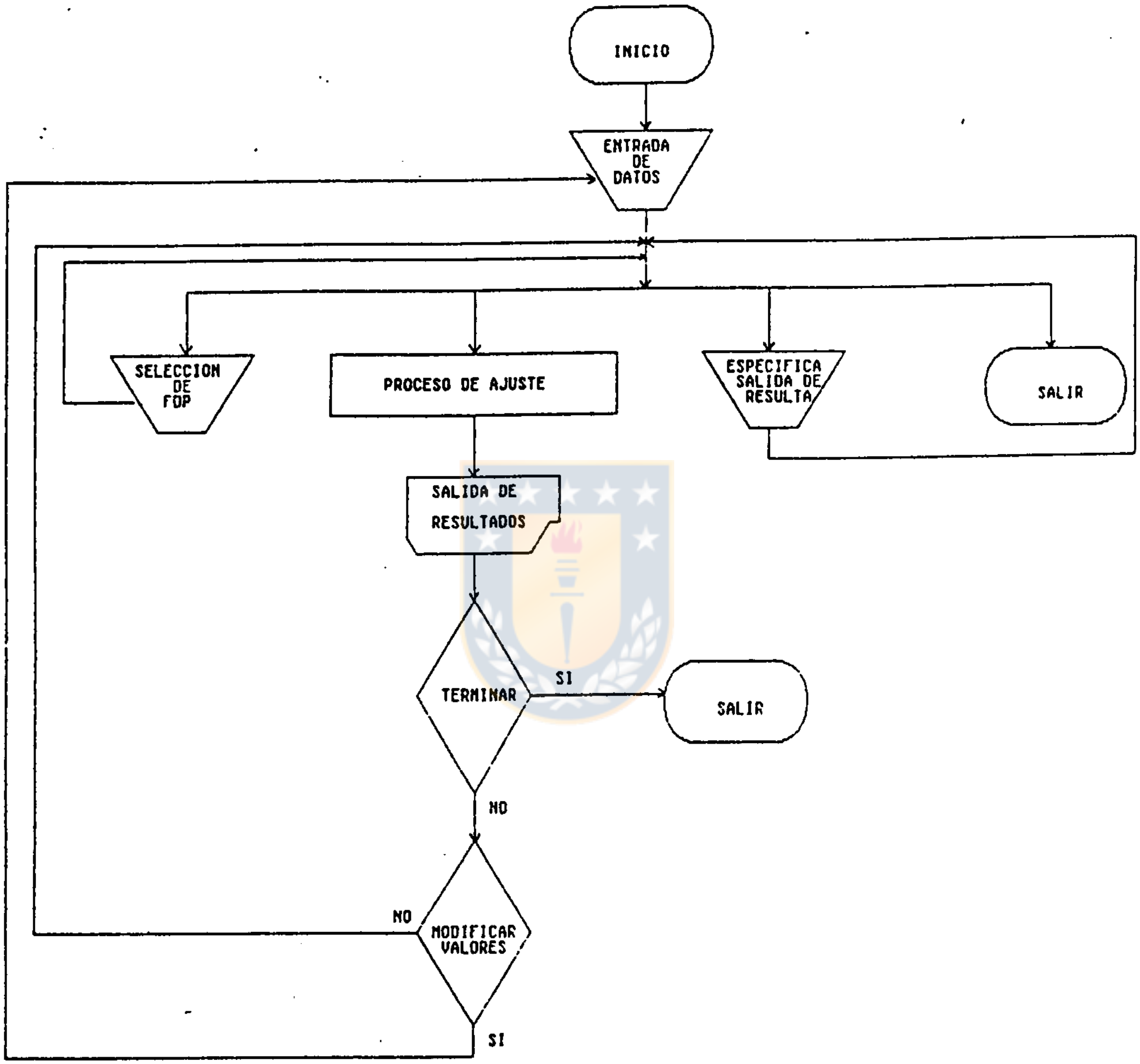

Figura 1A. Diagrama de flujo simplificado del programa.

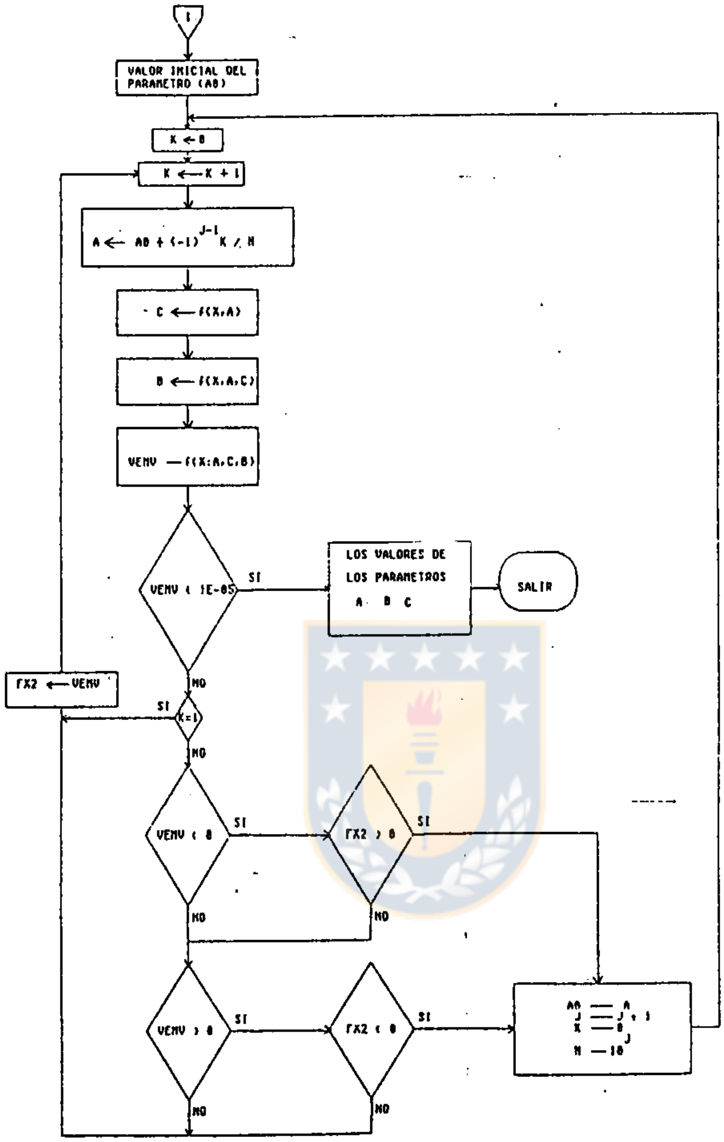

Figura 2A. Diagrama de flujo del precedimiento de acercamiento sucesivo.

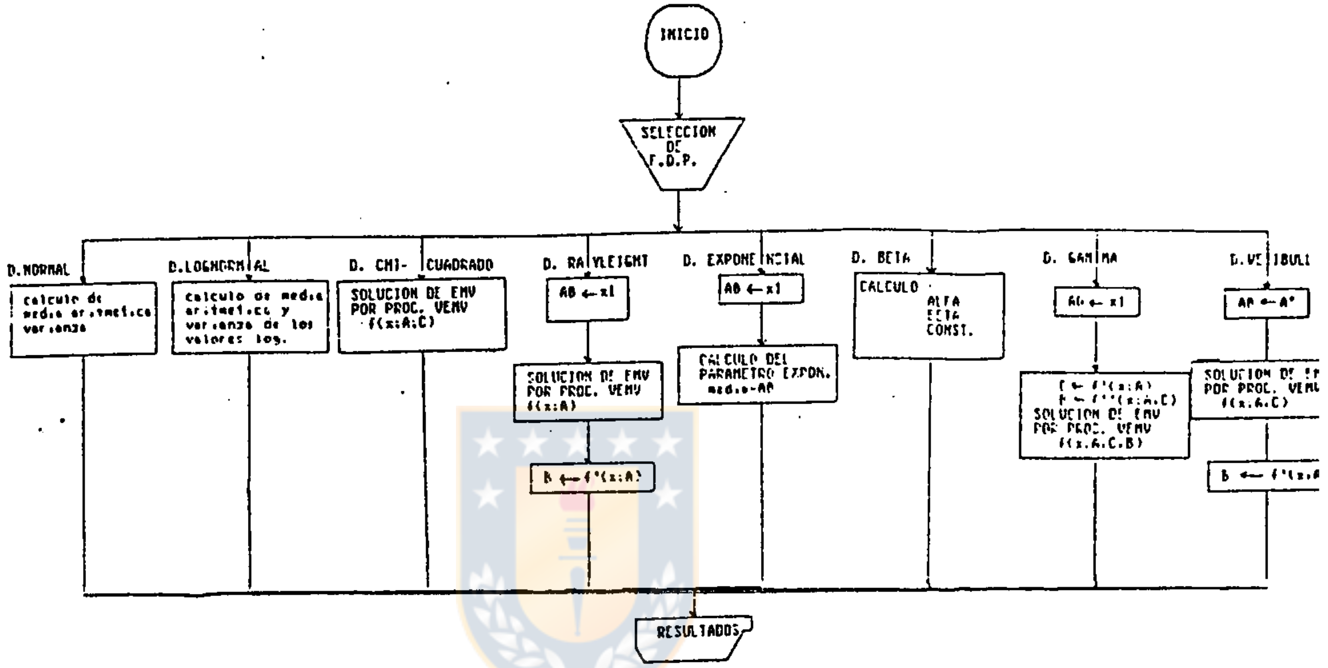

Figura 3A. Diagrama de flujo simplificado del proceso de ajuste.