

129
2ej



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

DETERMINACION DE EDADES DE UNA CAGTACEA
COLUMNAR GIGANTE Neobuxbaumia tetetzo
(Coulter) Backeberg, EN ZAPOTITLAN DE
LAS SALINAS, PUEBLA.

T E S I S
Que para obtener el Título de
B I O L O G O
p r e s e n t a
HECTOR NUÑEZ COSIO



México, D. F. FACULTAD DE CIENCIAS
DIRECCION ESCOLAR

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	4
MATERIALES Y METODOS	5
El Area de estudio	5
Métodos	6
Comparación de los incrementos de altura	7
Dinámica del crecimiento	7
Relación altura-edad	7
Determinación de los errores y bandas de confianza	10
RESULTADOS	13
Incrementos anuales de tamaño	13
Dinámica del crecimiento	15
Relación altura-edad	16
DISCUSION	18
REFERENCIAS	21
APENDICE	23

INTRODUCCION

México es el país de mayor riqueza específica de cactáceas columnares en el mundo. Sus setenta especies reconocidas (Briones et al. 1988), se encuentran distribuidas predominantemente en la planicie costera del Pacífico y la Península de Baja California, y muestran un centro de alta diversidad en la zona centro-sur del País a lo largo de un cinturón que comprende desde la desembocadura del Río Balsas en el Pacífico, continuando por la depresión del Balsas y el sistema montañoso de Oaxaca, hasta alcanzar la costa del Pacífico en la zona del Istmo de Tehuantepec (Briones et al. 1988). Este grupo de plantas, el cual pertenece a la tribu Pachycerae, subtribu Stenocerae (Gibson y Horak 1978), llega a ser el componente dominante de la vegetación en varias comunidades del centro de México, principalmente de la zona árida Poblana-Oaxaqueña, en esta región se encuentra el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla; lugar donde se desarrolló el presente trabajo. En este lugar, caracterizado por ser una zona montañosa, fisiográficamente muy heterogénea, se encuentran al menos doce especies de cactáceas columnares de las cuales Neobuxbaumia tetetzo ocupa extensiones continuas con densidades de alrededor de 1100 individuos mayores de un metro de altura por hectárea. La especie alcanza alturas superiores a los 10 metros produciendo de dos a cinco ramas por individuo a partir de un tronco principal. La ramificación ocurre cuando los individuos alcanzan aproximadamente los 2.25 m de altura, lo cual concuerda con el tamaño medio en el que se presenta el primer evento reproductivo.

Como toda cactácea columnar sus tallos se caracterizan por ser cilíndricos, carecer de hojas y presentar costillas, las cuáles se forman por la fusión vertical de tubérculos o areolas (Gibson y Horak 1978). Cada areola se encuentra formada por la hoja tectriz y las brácteas de las yemas axilares reducidas a espinas, formando un tubérculo o cojín espinoso. A lo largo de una costilla, cada areola se encuentra separada de la inmediatamente superior y de la inferior por entrenudos (Gibson y Horak 1978). Como en todas las plantas vasculares, la unidad básica de crecimiento modular es un

segmento de tallo en el que se encuentra una hoja que subtiende un meristemo de crecimiento. Estos elementos (nudo, hoja tectriz y yema axilar) forman la unidad básica de crecimiento aéreo de las plantas superiores, conocida como fitómero. Las combinaciones espaciales de los fitómeros definen la estructura y los patrones de ramificación y exploración del espacio de la parte aérea de la planta y determinan en última instancia la arquitectura característica de cada especie.

Las cactáceas columnares son plantas suculentas con metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM). En este tipo de metabolismo la apertura de los estomas ocurre durante la noche, minimizando la pérdida de agua por transpiración (Nobel 1984). La mayor parte de las cactáceas columnares viven en regiones en donde el agua es un factor limitante y su crecimiento es muy lento. Esto puede deberse también a que en estas suculentas de gran tamaño hay un alto costo metabólico involucrado en el mantenimiento de una gran cantidad de tejido vivo (el parénquima del tallo) por unidad de superficie fotosintética, es decir, en cactus de este tamaño, la cantidad de tejido que respira pero no fotosintetiza es muy grande en relación a la superficie disponible de tejido fotosintético. Por otro lado, a lo largo de un año las cuatro caras de un tallo columnar reciben en promedio menos radiación fotosintéticamente activa (PAR) que cualquier superficie horizontal (Nobel 1981). Por lo anterior, la orientación de las superficies fotosintéticas con respecto a la radiación solar directa es esencial para la fijación de CO₂ en las plantas con metabolismo crasuláceo (Nobel 1980,1981).

Evidencias sobre tasas bajas de crecimiento en cactáceas columnares han sido reportadas por Hastings (1961) y por Steenbergh y Lowe (1983) para el sahuaro (Carnegiea gigantea) en el desierto de Arizona, quienes estiman edades de hasta 170 años para plantas de 10 m. En esta especie los máximos incrementos anuales, que son de 10 a 13 cm, lo presentan las plantas con categorías de tamaño entre los 3 y 4 metros de altura del tronco principal, las cuales tienen entre 40 y 50 años. Parker (1988) reporta edades de 45 años para plantas de Stenocereus thurberi cuya longitud total sumada de los tallos es de 10 m y de 60 años para plantas de 1 m de altura en la cactácea columnar Lophocereus schottii.

En el presente trabajo se pretende determinar las edades de Neobuxbaumia tetetzo en el valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, por medio de la construcción de dos modelos: uno de ellos involucra el incremento en altura anual del tallo principal, mientras que el segundo contempla el análisis de la producción anual de areolas, lo cual brinda un enfoque modular al trabajo. Al estar la especie distribuida de manera continua en una zona montañosa, interesa determinar si las tasas de crecimiento difieren entre pendientes con distinta orientación, partiendo del hecho de que la cantidad de PAR que recibe una pendiente varía a lo largo del año y con la latitud del sitio (Nobel 1980). Dadas las condiciones de lluvia estacional en verano en la zona de estudio (Valiente 1991) y la capacidad de almacenamiento de agua por las plantas, se pretende además determinar si el período de crecimiento es continuo a lo largo del año, o si éste ocurre de manera rítmica y solamente en una época determinada.

OBJETIVOS

- 1.- Determinar si existen diferencias en el incremento anual de altura entre categorías de tamaño y entre pendientes.
- 2.- Determinar si la dinámica de crecimiento es rítmica o continua.
- 3.- Obtener la relación entre la altura del tronco principal y la edad de la planta, por medio del análisis del incremento anual de altura, así como por la producción anual de areolas del tronco principal de Neobuxbaumia tetetzo.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio

El trabajo se realizó en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, localizado a 18° 20' N y 97° 28' W en el sur del Estado de Puebla. Este valle se encuentra ubicado dentro de la provincia fitogeográfica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Rzedowski 1978). La zona debe su aridez a la sombra orográfica producida por la Sierra Madre Oriental; la cual por su ubicación dentro del trópico mexicano, presenta un clima seco con precipitación de tipo monzónico, con lluvias de verano más estacionales y predecibles que la de los desiertos del norte de México (Valiente 1991). La precipitación media anual es de 380 mm (García 1973) y la temperatura media anual oscila entre los 18 y 22 °C (Zavala-Hurtado 1982).

Se trata de una zona fisiográficamente heterogénea con una marcada pobreza de zonas planas, con suelos someros y pedregosos derivados de evaporitas (Zavala-Hurtado 1982). La vegetación ha sido clasificada como matorral xerófilo por Rzedowski (1978), la cual mantiene una flora de aproximadamente 1400 especies distribuidas en 630 géneros (Villaseñor et al. 1991; en congresos recientes el grupo de estudio del proyecto Flora de Tehuacán del Herbario Nacional ha incrementado el listado florístico a más de 2500 especies). En el Valle, uno de los grupos de plantas dominantes en varias de las comunidades vegetales es el de las cactáceas columnares, siendo la especie de más amplia distribución Neobuxbaumia tetetzo la cual ocupa grandes extensiones formando bosques densos conocidos como tetecheras.

Métodos

El trabajo se realizó en el Jardín Botánico de Cactáceas "Helia Bravo Hollis", dependiente de la entonces Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, en cuatro laderas con diferente exposición (norte, sur, este y oeste). En cada pendiente se midió el incremento anual de la altura de 230 plantas pertenecientes a diferentes categorías de tamaño. La primera medición se llevó a cabo en el mes de mayo de 1988 (previo al comienzo de las lluvias) y la segunda un año después. Las categorías de tamaño se determinaron tomando en cuenta los diferentes estados morfológicos que se presentan a lo largo de la historia de vida de las plantas. Por ejemplo, las plántulas de menos de 1 cm son de forma globosa, mientras que las que tienen entre 1 y 5 cm son de forma alargada. Las categorías de tamaño consideradas en este estudio, así como el tamaño de muestra por pendiente se indican a continuación:

Clase	Intervalo (cm)	n
1.-	0 - 1	30
2.-	1 - 5	30
3.-	5 - 10	30
4.-	10 - 15	30
5.-	15 - 30	10
6.-	30 - 40	10
7.-	40 - 60	10
8.-	60 - 100	10
9.-	100 - 150	10
10.-	150 - 200	10
11.-	200 - 250	10
12.-	250 - 300	10
13.-	300 - 400	4
14.-	400 - 500	4
15.-	500 - 600	4
16.-	600 - 700	4

Comparación de los incrementos de altura.

Los incrementos de altura para las diferentes categorías en las distintas pendientes fueron comparados mediante un análisis de varianza de dos factores, para determinar si el crecimiento anual medio difiere significativamente entre clases y entre pendientes. Este modelo categórico se empleó como alternativa a otro modelo con una covariable, dado que la relación existente entre el tamaño de la planta y el incremento en altura no es lineal.

Dinámica del crecimiento.

Para determinar si la dinámica del crecimiento es rítmica o continua, se hicieron mediciones mensuales de altura durante un año a 12 plantas por pendiente en las pendientes de orientación norte y sur. Las clases con las que se trabajó fueron .10 a .15 m (plántulas), de 2 a 3 m (adultos reproductivos), y de 3 a 4 m (adultos con ramas), para un total de cuatro plantas por categoría. Los registros se llevaron a cabo de junio de 1988 a junio de 1989, empezando con el inicio de las lluvias. Una gráfica del incremento de altura contra el mes permite determinar si el crecimiento ocurre de manera continua o rítmica a lo largo del año.

Relación altura-edad.

Para la determinación de edades, considerando tanto el crecimiento como la producción de areolas, se usaron dos métodos: uno que supone que el crecimiento ocurre de manera continua a lo largo de todo el año y otro basado en el supuesto de que el crecimiento es rítmico y ocurre de manera discreta durante un breve período de cada año. En ambos casos se simuló el crecimiento del tronco principal, que es el que define la altura de las plantas,

mediante un polinomio de tercer grado. A la gráfica de crecimiento anual promedio de cada categoría por pendiente se le ajustó una función de la forma:

$$\delta(h) = Ah^3 + Bh^2 + Ch + D \dots (1)$$

donde $\delta(h)$ representa el incremento de altura medio de un año al siguiente y es función del tamaño de la planta.

Para el modelo continuo, se supuso que la tasa de crecimiento continuo podía estimarse como:

$$\frac{dh}{dt} \approx \delta(h) = Ah^3 + Bh^2 + Ch + D \dots (2)$$

donde dh/dt es la tasa de crecimiento anual continuo de la planta y h es la altura de la planta. Es decir, en el caso del modelo continuo se asumió que la tasa de crecimiento anual continuo, definida como la derivada de la altura con respecto al tiempo, se estima adecuadamente como el incremento anual de altura para cada categoría de tamaño. El modelo final, que permite relacionar la altura con la edad, se obtuvo mediante la integral del inverso del modelo de crecimiento dado en la ecuación 2:

$$t = \int_{h(0)}^{h(1)} (\delta(h))^{-1} \cdot dt \dots (3)$$

que puede escribirse también como:

$$t = \int_{h(0)}^{h(1)} (Ah^3 + Bh^2 + Ch + D)^{-1} \dots (4)$$

El resultado analítico de esta integral es:

$$t = \frac{1}{C} \cdot \ln \left[\frac{\sqrt{A}h}{\sqrt{Ah^2 + Bh + C}} \right] - \left[\frac{B}{C\sqrt{4CA - B^2}} \cdot \arctan \left[\frac{2Ah + B}{\sqrt{4CA - B^2}} \right] \right] \dots (5)$$

Debido a que la ecuación 5 no está definida para $h=0$, se partió de una altura arbitraria $h(0)=10$ cm, estimando edades hasta los 700 cm de altura por arriba de los 10 cm iniciales.

Para el caso del modelo que supone un crecimiento rítmico, una vez que se obtuvo el incremento de altura anual medio, se pudo estimar la edad a partir de la siguiente ecuación, en la que la edad (t) es una variable implícita:

$$h(t + 1) = h(t) + \delta(h(t)) \dots (6)$$

donde h es la altura, t es el tiempo en años y $\delta(h(t))$ es el incremento anual de altura, que se obtiene evaluando el polinomio de la ecuación (1) en $h(t)$. En este caso también se partió de $h(0)=10$, ya que el crecimiento de plantas menores de 10 cm tiene un error apreciable.

Para la elaboración de los modelos empleados mediante la producción de las areolas, lo primero que se hizo fue convertir las alturas a número de areolas por costilla mediante una correlación para 50 plantas por pendiente en las pendientes sur y norte. Con esta relación se convirtieron todas las alturas a número de areolas en una costilla. A las gráficas de número de areolas producidas por año contra el total de areolas, se les ajustó un polinomio de la siguiente forma:

$$\delta(a) = Aa^3 + Ba^2 + Ca + D \dots (7)$$

donde $\delta(a)$ es el número de nuevas areolas y a es el número de areolas por costilla, obteniéndose las edades de la misma manera que con las alturas. El modelo en este caso parte de los 10 cm por las mismas razones que con las

alturas y llega sólo hasta los 400 cm dado que por problemas mecánicos no fue posible medir con precisión la producción anual de areolas en plantas de mayor tamaño.

Determinación de los errores y bandas de confianza.

Las funciones de altura-edad obtenidas no tienen intervalos de confianza. Sin embargo, es deseable saber qué nivel de precisión tienen las estimaciones obtenidas por los métodos de cálculo. Para ello, se empleó una simulación de Montecarlo, de acuerdo al siguiente razonamiento: El incremento en altura $\delta(h)$ calculado por el modelo para cada clase de altura h tiene una cierta variación dada por el error estándar $es(h)$. Estos errores estándar se encuentran graficados en la Figura 2 y fueron tabulados en un archivo de computadora. Así, una planta de altura h en una temporada de crecimiento crecerá en promedio un valor $\delta(h)$, pero este crecimiento oscilará realmente alrededor de ese valor medio con error estándar $es(h)$. Esto nos permitió calcular numéricamente la distribución de valores de crecimiento para cada clase de altura, generando números aleatorios con distribución probabilística Gama, valor medio $\delta(h)$ y varianzas $es(\delta h)$. Para generar numéricamente estos valores, se utilizó el método de rechazo, que brevemente se describe a continuación:

Sea $p(\mu, \sigma, x)$ la función de densidades probabilísticas Gama de una variable aleatoria x con media μ y varianzas σ^2 . El algoritmo de generación de números aleatorios con distribución Gama consiste en generar un número aleatorio x distribuido uniformemente entre 0 y $(\mu + 5\sigma)$, y un segundo número aleatorio y distribuido uniformemente entre 0 y 1. Se calcula luego $p(\mu, \sigma, x)$, es decir, la probabilidad Gama asociada a x ; y este valor se compara con el valor de y . Si $y < p(\mu, \sigma, x)$, se acepta el número x ; en caso contrario se lo rechaza y se reinicia el proceso. Es fácil ver que como la aceptación o el rechazo de los valores de x tiene como regla de decisión una función probabilística Gama, los mismos valores de x al repetir este proceso un número grande de veces tendrán también una distribución Gama.

Inicialmente se escribió un programa que calculaba las alturas de las plantas de manera similar a la descrita en la ecuación 6 a la cual se le agregó un término adicional:

$$h(t+1) = h(t) + \delta(h(t)) \pm g(h(t)) \dots (8)$$

donde $g(h(t))$ es un desvío aleatorio sobre la media de incremento en altura $\delta(h(t))$. Este desvío es calculado a partir de una variable aleatoria con distribución de error tipo Gama, media $\delta(h(t))$ y varianza $es(h)^2$, se tomó el error estándar del incremento de altura, y no la desviación estándar ya que lo que se quiere calcular es el posible error de los valores calculados respecto a la media real y no la dispersión total de la población. Dado que la función probabilística Gama tiene cota inferior cero, es decir, no puede asumir valores negativos, el cálculo de desvíos con esta distribución asegura que la altura de las plantas no disminuya de un año al siguiente, es decir $h(t+1) \geq h(t)$.

Este primer modelo, sin embargo, produjo bandas de confianza muy angostas, lo que falsamente sugiere que la predicción de las edades a partir de la altura es un proceso muy exacto. El error del modelo se debe, sin duda, a que el crecimiento de la planta en una año no es independiente de su comportamiento el año anterior. Los datos de Díaz-Maeda (1991) muestran que el crecimiento anual de un individuo de *N. tetetzo* depende fundamentalmente de la presencia de otros individuos de la misma especie a su alrededor, con quienes compite por el agua disponible durante la temporada de lluvias. Esto quiere decir que un individuo que presenta crecimiento lento un año, es probable que permanezca varios años en esa condición, dado que su lento crecimiento se debe fundamentalmente a la presencia de competidores de mayor tamaño que tardarán varios años en morir.

Sobre la base de este razonamiento, se elaboró un nuevo modelo en el que el desvío aleatorio $g(h(t))$ se mantuvo arbitrariamente constante durante 25 años. Es decir, el supuesto de este nuevo modelo fue que una planta crece poco porque se encuentra rodeada de competidores, la cual se

mantendrá en esas condiciones por lo menos 25 años. Pasado este período, el modelo sorteará nuevas condiciones a partir de la distribución Gama, y calcula el desvío aleatorio $g(h(t))$ sobre el incremento medio en altura $\delta(h(t))$.

La simulación se hizo para grupos de 1000 individuos en forma simultánea. Cada año de la simulación, se ordenaban los valores de altura de los 1000 individuos del mayor al menor, y se elegían los percentiles del 1% y del 5% en una prueba de dos colas (es decir las alturas de los individuos 5, 25, 975 y 995 para cada año de la simulación). Posteriormente se graficaron estos percentiles como intervalos de confianza al 5% y al 1% para la curva de crecimiento. Esto sirvió para estimar el error asociado a la altura media de cada clase.

Este procedimiento numérico de aleatorización se hizo para 1000 individuos en cada ladera, dando un total de 4000 simulaciones de Montecarlo o aleatorizaciones numéricas para las cuatro laderas. Dado que el supuesto más débil del modelo es la hipótesis de que las características de crecimiento de un individuo no cambian durante 25 años, se cambió este valor a 10 y 50 años para ver que sensibilidad tiene esta hipótesis sobre las bandas de confianza obtenidas. Las bandas de confianza cambiaron poco, lo cual sugiere que aunque es importante el hecho de que los desvíos sobre el crecimiento medio tienden a mantenerse de un año al siguiente, el valor exacto del período durante el cual una planta se mantiene como de rápido o de pobre crecimiento tiene relativamente poca importancia dentro de un intervalo amplio de tiempo.

RESULTADOS

Incrementos anuales de tamaño

Los incrementos anuales del largo del tronco principal de los individuos de N. tetetzo (Fig. 1 y Tabla 1), muestran que éstos aumentan conforme se pasa de una categoría de tamaño a una mayor, teniendo un máximo para plantas de aproximadamente 2 m de altura. En todas las pendientes, el incremento en el tamaño a partir de esta categoría decrece hasta que se alcanzan los 3 m de altura, categoría a partir de la cual el crecimiento incrementa nuevamente, con excepción de la pendiente este. La Figura 2 muestra los errores asociados al crecimiento de cada clase por pendiente.

Categoría de tamaño (cm)	NORTE	OESTE	ESTE	SUR
0.5	0.066	0.094	0.229	0.127
3.0	0.525	0.571	0.375	0.435
7.5	1.192	0.829	1.034	1.066
12.5	1.364	1.230	1.587	1.169
22.5	1.200	2.853	2.541	2.169
37.5	1.409	3.200	2.450	2.616
52.5	1.111	3.100	3.142	3.414
60.0	2.333	3.111	3.727	4.666
125.0	3.178	3.450	4.954	9.000
175.0	4.277	7.350	4.650	9.357
225.0	4.900	11.920	4.312	10.440
275.0	4.750	10.620	5.444	7.000
350.0	3.800	5.350	2.409	7.500
450.0	2.833	7.562	3.454	9.500
550.0	7.500	10.660	2.500	11.300
650.0	5.000	4.660	2.500	20.620
750.0		9.166		

Tabla 1.- Valor promedio de crecimiento (cm) por pendiente para diferentes categorías de tamaño de N. tetetzo.

El análisis de la varianza de los incrementos anuales de altura indica que el crecimiento anual difiere significativamente entre las clases de tamaño de una misma pendiente y entre las diferentes laderas (Tabla 2).

Las comparaciones múltiples realizadas para algunas categorías de tamaño, muestran que para plantas menores de 80 cm el crecimiento entre pendientes no difiere significativamente. El incremento en tamaño de la categoría de 225 cm no difiere significativamente en las pendientes sur y este, así como tampoco en las pendientes norte y este. Estos dos grupos muestran incrementos contrastantes. Este último patrón se mantiene hasta los 450 cm de altura y se pierde a los 550 cm, donde el crecimiento de los individuos en las cuatro laderas es distinto (Fig. 1, Tabla 3).

La producción anual de areolas por costilla del tronco principal (Fig. 3) aumenta conforme la planta incrementa su tamaño, tendiendo a estabilizarse a partir de que la costilla alcanza entre 50 y 100 areolas. La mayor producción de areolas ocurre en las pendientes sur y oeste y la menor en las pendientes este y norte.

ANÁLISIS DE LA VARIANZA					
Variable Dependiente crecimiento (cm)					
n = 795					
ϵ^2 múltiple = 0.695 ϵ^2 múltiple = 0.484					
Fuente	Suma de Cuadrados	g.l.	Cuadrados Medios	F	P
Ladera	498.900	3	166.300	29.114	<0.001
Categoría	5163.325	15	344.223	60.161	<0.001
Lad*Categ	1865.367	45	41.463	7.246	<0.001
Error	4181.850	721	5.721		

Tabla 2.- Análisis de la varianza que muestra la comparación de los incrementos de altura del tronco principal para las diferentes categorías de tamaño en las cuatro pendientes.

Categoría de tamaño (cm)	NORTE	OESTE	ESTE	SUR
12.5	1.364	1.23	1.587	1.194
80.0	2.333	3.111	3.727	4.66
225.0	4.9	11.92	4.312	10.44
450.0	2.833	7.562	3.454	9.5
550.0	7.5	10.66	2.5	11.3
650.0	5	4.66	2.5	20.62

Tabla 3.- Comparaciones múltiples del promedio de crecimiento (cm) por categorías de tamaños para las diferentes pendientes ($p < 0.05$).

..... diferencia significativa
 ——— diferencia no significativa.

Dinámica del crecimiento

Las gráficas de crecimiento mensual para las dos pendientes consideradas (Fig. 4) muestran que el período de crecimiento de los individuos es discreto, es decir, ocurre únicamente durante el período de lluvias, comenzando en el mes de julio y terminando en octubre, prolongándose hasta noviembre en la pendiente norte.

Relación altura-edad

Los coeficientes estimados para las cuatro pendientes y las ecuaciones de los modelos discreto y continuo se muestran en la Tabla 4.

Ladera	A	B	C
SUR	0.000000380	-0.00035	0.10066
ESTE	0.000000134	-0.00015	0.04590
OESTE	0.000000110	-0.00016	0.06500
NORTE	0.000000146	-0.04159	0.04159

Tabla 4.- Coeficientes calculados para el modelo $\delta(h) = Ah^3 + Bh^2 + Ch$ en cada pendiente.

La relación altura-edad de N. tetetzo obtenida por medio de los modelos continuo y discreto (ecuaciones 5 y 6) indica que las plantas alcanzan la misma altura en diferentes tiempos, dependiendo de la orientación de la pendiente en la que se encuentran (Fig. 5). En la ladera sur los organismos crecen en altura más rápido, después en la oeste, luego la norte y por último en la este. Las edades predichas por ambos modelos no muestran diferencias importantes como puede observarse en la Figura 6. Los errores asociados a las edades se muestran en la Figura 7.

Como las edades obtenidas por ambos métodos (discreto y continuo), son prácticamente iguales, el cálculo de las edades utilizando la producción de areolas, se realizó mediante el modelo discreto (ecuación 6). El modelo de areolas brinda diferentes edades para plantas de la misma altura dependiendo de la orientación de la pendiente donde se encuentren (Fig. 8). Podemos ver que las edades entre los modelos de incremento del tronco principal y el de producción de areolas difieren ya que los polinomios de donde se obtuvieron las edades son distintos, dando edades un poco más longevas para la misma altura con el modelo de incremento anual del tronco principal (Tabla 5). Las diferencias entre las edades estimadas en las diferentes pendientes muestran el mismo patrón con ambos métodos.

El modelo que considera los incrementos en tamaño del tronco principal, indica que una planta puede alcanzar edades de hasta 250 años dependiendo de la pendiente en que se encuentre. Por ejemplo, a los 7 m de altura tiene 253 años en la pendiente este, 205 años en la norte, 130 años en la oeste y 84 años en la sur (Apéndice).

a)

Altura (cm)	NORTE	OESTE	ESTE	SUR
20	8	11	18	17
50	18	27	43	39
100	27	40	65	59
200	40	56	94	85
300	51	69	119	109
400	62	82	146	138
500	73	96	176	178
600	81	114	194	223
700	86	134	207	254

b)

Altura (cm)	NORTE	OESTE	ESTE	SUR
20	6	6	8	6
50	15	19	25	9
100	23	34	46	34
200	29	53	79	64
300	---	64	114	107
400	---	72	160	157

Tabla 5.- Comparación de edades de N. tetetzo para algunas alturas en las cuatro pendientes.

a) Edades en años, estimadas mediante el incremento anual del tronco principal. b) Edades en años, estimadas mediante la producción de areolas en una costilla del tronco principal.

DISCUSION

Las tasas de crecimiento observadas de Neobuxbaumia tetetzo presentan similitudes con las reportadas por Steenbergh y Lowe (1983) para Carnegiea gigantea y por Parker (1988) para Stenocereus thurberi y Lophocereus schottii. En las cuatro especies, las tasas de crecimiento aumentan conforme se incrementa la altura, y es en C. gigantea y N. tetetzo, donde se llega a un máximo a partir del cual los incrementos son menores. Al considerar los datos de crecimiento obtenidos por Parker (1988), Stenocereus thurberi y Lophocereus schottii presentan incrementos continuos, que disminuyen paulatinamente conforme se pasa a categorías más grandes. Cabe señalar que este autor considera en su análisis la medición de todos los incrementos en altura de todas las ramas del individuo.

En todas las especies mencionadas, la disminución en la tasa de crecimiento coincide con el tamaño al cual ocurre el primer evento reproductivo, que en N. tetetzo se da cuando los individuos se encuentran alrededor de los 2.5 m, así como el caso de C. gigantea. Esto sugiere que las plantas utilizan parte de la energía en la floración y la fructificación y por tanto asignan menos energía al crecimiento (Steenbergh y Lowe 1983 y Parker 1988). Al mismo tiempo, puede ocurrir que conforme la planta crece, la relación superficie/volumen esté constantemente reduciéndose, por lo que la respiración está continuamente incrementando su demanda de energía. Sin embargo, este incremento energético solo empieza a afectar el crecimiento de la planta hasta que ésta alcanza los 200 cm de altura, punto en donde la tasa de crecimiento disminuye.

Este incremento en la demanda respiratoria sugerida por el término cuadrático negativo de la ecuación, podría afectar progresivamente a la planta a medida que ésta crece. Entre los dos y los cuatro metros el incremento anual de altura de la planta disminuye, para incrementarse nuevamente por encima de los 4 m. Este incremento significativo en alturas está indicado por el término cúbico de signo positivo y es estadísticamente significativo en cada uno de los modelos. Es interesante notar que esta inflexión entre los 2 y los 4 metros coincide bien con el rango de alturas en el

cual los individuos ramifican. Especulativamente, podríamos pensar que la formación de ramas, mucho más delgadas que el tronco, cambian la relación superficie volumen de las plantas y es quizá responsable del incremento en la tasa de elongación anual por encima de los 4 metros.

La dinámica del crecimiento del tetecho coincide totalmente con la dinámica reportada por Steenbergh y Lowe (1983) para el sahuaro, empezando con las lluvias de verano (principios de julio) y terminando a fines de octubre, sin presentar crecimiento apreciable durante las lluvias de invierno. Esto sugiere que después de que la planta absorbe agua, destina rápidamente energía y agua al crecimiento, y que el agua que almacena se utiliza para eventos posteriores. Estudios preliminares sugieren que la floración del tetecho en el Valle de Zapotitlán ocurre a finales del mes de abril y principios del mes de mayo, justo antes de que empiece la temporada de lluvias. Con este hecho podemos pensar que el agua que almacena la planta puede ser utilizada para la floración.

Con respecto a la comparación de los patrones de crecimiento entre las diferentes categorías de tamaño en las diferentes pendientes, los resultados muestran que los individuos con tamaño menor a los 80 cm de altura no presentan diferencias en el crecimiento en las cuatro laderas consideradas. Esto puede estar relacionado al hecho de que las plantas jóvenes crecen asociadas a arbustos perennes los cuales brindan protección contra la radiación (Valiente-Banuet y Ezcurra 1991). Lo anterior sugiere que el microclima producido por las plantas nodrizas, determina los patrones de crecimiento en los individuos juveniles no importando la ladera en donde se encuentren. En contraste, al considerar categorías de tamaño mayor, los patrones de crecimiento empiezan a diferir y es en la ladera con orientación sur en donde las tasas de crecimiento son máximas. Dos hipótesis pueden plantearse para explicar este patrón: la primera considera que la radiación (PAR) que reciben las diferentes pendientes a lo largo de un año no es igual (Nobel 1980). De hecho, la ladera sur tiene un mayor número de horas de insolación a lo largo del año (Nobel 1980, 1981). La segunda hipótesis considera que las laderas con orientación sur son las más húmedas en el período de crecimiento, dado que el sol se encuentra aproximadamente 5° al norte del Valle de Zapotitlán en dicha época, y por lo que las laderas con

orientación norte son las que reciben una mayor cantidad de horas de insolación y hay más evaporación, aspecto que ya ha sido señalado por Nobel (1980). Peters (1989) estudió las diferencias microclimáticas en cuatro pendientes del Valle de Zapotillán, Puebla, reportando que en el verano, época de crecimiento del tetecho, existe un gradiente de incremento en la evaporación de las laderas en dirección sur, oeste, norte y este. Lo anterior sugiere que el agua disponible en el suelo durante la época de crecimiento es un factor determinante en la magnitud del crecimiento.

Las diferencias en las edades de las plantas obtenidas con base en la producción de areolas y los incrementos en tamaño, puede deberse a que se emplearon plantas no mayores a los 400 y 700 cm de altura respectivamente. Sin embargo, el hecho de que la relación entre el tamaño-edad se mantenga en sus tendencias en las diferentes pendientes, sugiere que si los modelos se basaran en plantas con tamaños máximos iguales, posiblemente se obtendrían edades más parecidas con ambos modelos. Se considera que el enfoque modular es un buen estimador de la edad, ya que la producción de areolas (módulos) es constante en la especie. Las edades obtenidas por el método discreto y continuo son prácticamente iguales, lo cual indica que puede ser indistinta la forma en como se obtenga la relación altura-edad. Sin embargo, como la planta crece sólo durante una determinada época del año, se recomienda utilizar el método de ecuaciones en diferencia (crecimiento discreto) ya que es más robusto.

REFERENCIAS

Borgess T. L. and A. Shmida (1985) Succulent growth forms in arid environments. En: Whitehead et al., 1988, Arid Lands: today and tomorrow Proceedings of an international research and development conference. Tucson, Arizona, U.S.A. Westview Press Boulder Colorado.

Díaz, M., P.G. (1991) Efectos dependientes de la densidad en una cactácea columnar (Neobuxbaumia tetetzo) (Coulter) Backeberg del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 103 pp.

Gibson A. C. and P. S. Nobel (1986) The Cactus Primer. Harvard Univ. Press, London.

Halle F. (1986) Modular growth in speed plants. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B 313, 77-87.

Hastings J. R. (1961) Precipitation and sahuaro growth. Univ. Arizona Arid Lands Colloquium 1959-1960/1960:30-38.

Hastings J. R. and S. M. Alcorn (1961) Physical determination of growth and age in the giant cactus. Jour. of Arizona Acad. of Science 2(1).

Mc Auliffe J. R. and F. J. Janzen (1986) Effects of intraspecific crowding on water uptake, water storage, apical growth, and reproductive potential in the sahuaro cactus, *Carnegiea gigantea*. Bot. Gaz. 147 (3) : 334-341.

Nobel P. S. (1980 a) Interception of photosinteticall active radiation by cacti of diferent morphology. Oecologia (Berl.) 45. 160-166.

Nobel P. S. (1980 b) Morfology, Surfase temperature, and Northern Limits of Columnar Cati in The Sonoran Desert. Ecology 61(1) :1-7.

Nobel P. S. (1981) Influences of Photosynthetically Active Radiation on Cladode Orientation, Stem tilting, and height of Cacti. Ecology 62 (4) : 982-990.

Noy-Meir I. (1973) Desert ecosystems: environment and producers. Ann. Rev. Ecol. Syst. 4 : 25-51.

Parker K. C. (1988) Growth Rates of *Stenocereus thurberi* and *Lophocereus schottii* in Southern Arizona. Bot. Gaz. 149 (3) : 335-346.

Smith S. D., Didden-Zopf B., P. S. Nobel (1984) High Temperature Responses of North American Cacti. Ecology 65 (2) : 643-651.

Steenbergh W. F. and CH. H. Lowe (1983) Ecology of the sahuaro III: Growth and demography. Nalt. Park Service Sci. Monograph Series, Number 17. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Zavala-Hurtado J. A. (1982) Estudios Ecológicos en el Valle Semi-Arido de Zapotitlán, Puebla. I. Clasificación Numérica de la Vegetación basado en Atributos de Presencia o Ausencia de las Especies. Biotica 7 (1) : 99-120.

APENDICE: Valores tabulados del crecimiento de Neobuxbaumia tetetzo según el modelo de generaciones continuas, para las cuatro laderas en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

Pendiente OESTE

Alt.	Edad														
11	1.50	61	29.88	111	41.32	161	49.50	211	56.42	261	62.78	311	68.98	361	75.28
12	2.88	62	30.17	112	41.50	162	49.65	212	56.55	262	62.91	312	69.11	362	75.41
13	4.15	63	30.46	113	41.69	163	49.80	213	56.68	263	63.03	313	69.23	363	75.54
14	5.33	64	30.75	114	41.87	164	49.95	214	56.81	264	63.16	314	69.36	364	75.67
15	6.43	65	31.03	115	42.05	165	50.09	215	56.94	265	63.28	315	69.48	365	75.80
16	7.46	66	31.31	116	42.23	166	50.24	216	57.07	266	63.40	316	69.61	366	75.93
17	8.44	67	31.58	117	42.41	167	50.38	217	57.20	267	63.53	317	69.73	367	76.05
18	9.35	68	31.85	118	42.59	168	50.53	218	57.33	268	63.65	318	69.85	368	76.18
19	10.22	69	32.12	119	42.77	169	50.67	219	57.46	269	63.78	319	69.98	369	76.31
20	11.05	70	32.38	120	42.94	170	50.81	220	57.59	270	63.90	320	70.10	370	76.44
21	11.84	71	32.64	121	43.12	171	50.96	221	57.72	271	64.03	321	70.23	371	76.57
22	12.60	72	32.90	122	43.29	172	51.10	222	57.85	272	64.15	322	70.35	372	76.70
23	13.32	73	33.16	123	43.46	173	51.24	223	57.98	273	64.27	323	70.48	373	76.83
24	14.02	74	33.41	124	43.64	174	51.38	224	58.11	274	64.40	324	70.60	374	76.96
25	14.68	75	33.66	125	43.81	175	51.53	225	58.23	275	64.52	325	70.73	375	77.09
26	15.33	76	33.91	126	43.98	176	51.67	226	58.36	276	64.65	326	70.85	376	77.22
27	15.95	77	34.15	127	44.15	177	51.81	227	58.49	277	64.77	327	70.98	377	77.35
28	16.55	78	34.40	128	44.32	178	51.95	228	58.62	278	64.89	328	71.10	378	77.48
29	17.13	79	34.64	129	44.49	179	52.09	229	58.75	279	65.02	329	71.23	379	77.61
30	17.69	80	34.87	130	44.65	180	52.23	230	58.87	280	65.14	330	71.35	380	77.75
31	18.23	81	35.11	131	44.82	181	52.37	231	59.00	281	65.27	331	71.48	381	77.88
32	18.76	82	35.34	132	44.99	182	52.51	232	59.13	282	65.39	332	71.60	382	78.01
33	19.27	83	35.57	133	45.15	183	52.65	233	59.26	283	65.51	333	71.73	383	78.14
34	19.77	84	35.80	134	45.32	184	52.79	234	59.38	284	65.64	334	71.86	384	78.27
35	20.26	85	36.03	135	45.48	185	52.92	235	59.51	285	65.76	335	71.98	385	78.40
36	20.73	86	36.25	136	45.64	186	53.06	236	59.64	286	65.88	336	72.11	386	78.53
37	21.20	87	36.47	137	45.80	187	53.20	237	59.77	287	66.01	337	72.23	387	78.67
38	21.65	88	36.69	138	45.97	188	53.34	238	59.89	288	66.13	338	72.36	388	78.80
39	22.09	89	36.91	139	46.13	189	53.47	239	60.02	289	66.26	339	72.48	389	78.93
40	22.52	90	37.13	140	46.29	190	53.61	240	60.15	290	66.38	340	72.61	390	79.06
41	22.94	91	37.34	141	46.45	191	53.75	241	60.27	291	66.50	341	72.74	391	79.20
42	23.35	92	37.56	142	46.60	192	53.88	242	60.40	292	66.63	342	72.86	392	79.33
43	23.75	93	37.77	143	46.76	193	54.02	243	60.53	293	66.75	343	72.99	393	79.46
44	24.15	94	37.98	144	46.92	194	54.15	244	60.65	294	66.88	344	73.12	394	79.60
45	24.53	95	38.19	145	47.08	195	54.29	245	60.78	295	67.00	345	73.24	395	79.73
46	24.91	96	38.39	146	47.23	196	54.42	246	60.90	296	67.12	346	73.37	396	79.86
47	25.28	97	38.60	147	47.39	197	54.56	247	61.03	297	67.25	347	73.50	397	80.00
48	25.65	98	38.80	148	47.54	198	54.69	248	61.15	298	67.37	348	73.62	398	80.13
49	26.01	99	39.00	149	47.70	199	54.83	249	61.28	299	67.49	349	73.75	399	80.26
50	26.36	100	39.20	150	47.85	200	54.96	250	61.41	300	67.62	350	73.88	400	80.40
51	26.71	101	39.40	151	48.00	201	55.09	251	61.53	301	67.74	351	74.00	401	80.53
52	27.05	102	39.60	152	48.16	202	55.23	252	61.66	302	67.87	352	74.13	402	80.67
53	27.38	103	39.80	153	48.31	203	55.36	253	61.78	303	67.99	353	74.26	403	80.80
54	27.71	104	39.99	154	48.46	204	55.49	254	61.91	304	68.11	354	74.39	404	80.94
55	28.04	105	40.18	155	48.61	205	55.63	255	62.03	305	68.24	355	74.51	405	81.07
56	28.35	106	40.38	156	48.76	206	55.76	256	62.16	306	68.36	356	74.64	406	81.21
57	28.67	107	40.57	157	48.91	207	55.89	257	62.28	307	68.49	357	74.77	407	81.34
58	28.98	108	40.76	158	49.06	208	56.02	258	62.41	308	68.61	358	74.90	408	81.48
59	29.28	109	40.94	159	49.21	209	56.15	259	62.53	309	68.73	359	75.03	409	81.62
60	29.58	110	41.13	160	49.36	210	56.29	260	62.66	310	68.86	360	75.15	410	81.75

Pendiente OESTE (cont.)

Alt.	Edad	Alt.	Edad	Alt.	Edad	Alt.	Edad	Alt.	Edad	Alt.	Edad
411	81.89	461	89.00	511	96.78	561	105.39	611	114.85	661	124.99
412	82.03	462	89.15	512	96.95	562	105.57	612	115.05	662	125.20
413	82.16	463	89.29	513	97.11	563	105.75	613	115.24	663	125.41
414	82.30	464	89.44	514	97.28	564	105.93	614	115.44	664	125.62
415	82.44	465	89.59	515	97.44	565	106.12	615	115.64	665	125.82
416	82.57	466	89.74	516	97.61	566	106.30	616	115.84	666	126.03
417	82.71	467	89.89	517	97.77	567	106.48	617	116.04	667	126.24
418	82.85	468	90.04	518	97.94	568	106.66	618	116.24	668	126.45
419	82.99	469	90.19	519	98.10	569	106.85	619	116.43	669	126.65
420	83.13	470	90.34	520	98.27	570	107.03	620	116.63	670	126.86
421	83.26	471	90.49	521	98.44	571	107.22	621	116.83	671	127.07
422	83.40	472	90.65	522	98.60	572	107.40	622	117.03	672	127.28
423	83.54	473	90.80	523	98.77	573	107.58	623	117.23	673	127.49
424	83.68	474	90.95	524	98.94	574	107.77	624	117.43	674	127.69
425	83.82	475	91.10	525	99.11	575	107.95	625	117.63	675	127.90
426	83.96	476	91.25	526	99.28	576	108.14	626	117.84	676	128.11
427	84.10	477	91.41	527	99.44	577	108.33	627	118.04	677	128.32
428	84.24	478	91.56	528	99.61	578	108.51	628	118.24	678	128.53
429	84.38	479	91.71	529	99.78	579	108.70	629	118.44	679	128.74
430	84.52	480	91.87	530	99.95	580	108.89	630	118.64	680	128.94
431	84.66	481	92.02	531	100.12	581	109.07	631	118.84	681	129.15
432	84.80	482	92.18	532	100.29	582	109.26	632	119.05	682	129.36
433	84.94	483	92.33	533	100.46	583	109.45	633	119.25	683	129.57
434	85.09	484	92.48	534	100.64	584	109.64	634	119.45	684	129.78
435	85.23	485	92.64	535	100.81	585	109.83	635	119.65	685	129.98
436	85.37	486	92.80	536	100.98	586	110.02	636	119.86	686	130.19
437	85.51	487	92.95	537	101.15	587	110.21	637	120.06	687	130.40
438	85.65	488	93.11	538	101.32	588	110.40	638	120.26	688	130.61
439	85.80	489	93.26	539	101.50	589	110.59	639	120.47	689	130.82
440	85.94	490	93.42	540	101.67	590	110.78	640	120.67	690	131.02
441	86.08	491	93.58	541	101.84	591	110.97	641	120.88	691	131.23
442	86.22	492	93.73	542	102.02	592	111.16	642	121.08	692	131.44
443	86.37	493	93.89	543	102.19	593	111.35	643	121.29	693	131.65
444	86.51	494	94.05	544	102.37	594	111.54	644	121.49	694	131.86
445	86.66	495	94.21	545	102.54	595	111.73	645	121.70	695	132.06
446	86.80	496	94.37	546	102.72	596	111.93	646	121.90	696	132.27
447	86.95	497	94.53	547	102.89	597	112.12	647	122.11	697	132.48
448	87.09	498	94.69	548	103.07	598	112.31	648	122.31	698	132.69
449	87.24	499	94.84	549	103.25	599	112.51	649	122.52	699	132.89
450	87.38	500	95.00	550	103.42	600	112.70	650	122.72	700	133.10
451	87.53	501	95.16	551	103.60	601	112.89	651	122.93		
452	87.67	502	95.33	552	103.78	602	113.09	652	123.13		
453	87.82	503	95.49	553	103.95	603	113.28	653	123.34		
454	87.96	504	95.65	554	104.13	604	113.48	654	123.55		
455	88.11	505	95.81	555	104.31	605	113.67	655	123.75		
456	88.26	506	95.97	556	104.49	606	113.87	656	123.96		
457	88.41	507	96.13	557	104.67	607	114.06	657	124.17		
458	88.55	508	96.29	558	104.85	608	114.26	658	124.37		
459	88.70	509	96.46	559	105.03	609	114.46	659	124.58		
460	88.85	510	96.62	560	105.21	610	114.65	660	124.79		

Pendiente SUR

Alt.	Edad														
11	0.98	61	19.89	111	27.99	161	34.15	211	39.69	261	45.10	311	50.63	361	56.36
12	1.88	62	20.09	112	28.12	162	34.26	212	39.80	262	45.21	312	50.74	362	56.47
13	2.71	63	20.29	113	28.26	163	34.38	213	39.90	263	45.32	313	50.85	363	56.59
14	3.48	64	20.49	114	28.39	164	34.49	214	40.01	264	45.43	314	50.97	364	56.70
15	4.21	65	20.68	115	28.52	165	34.61	215	40.12	265	45.53	315	51.08	365	56.82
16	4.88	66	20.87	116	28.66	166	34.72	216	40.23	266	45.64	316	51.19	366	56.94
17	5.52	67	21.06	117	28.79	167	34.83	217	40.34	267	45.75	317	51.30	367	57.05
18	6.13	68	21.25	118	28.92	168	34.95	218	40.45	268	45.86	318	51.42	368	57.17
19	6.70	69	21.44	119	29.05	169	35.06	219	40.55	269	45.97	319	51.53	369	57.29
20	7.24	70	21.62	120	29.18	170	35.17	220	40.66	270	46.08	320	51.64	370	57.40
21	7.77	71	21.80	121	29.31	171	35.29	221	40.77	271	46.19	321	51.76	371	57.52
22	8.26	72	21.98	122	29.44	172	35.40	222	40.88	272	46.30	322	51.87	372	57.64
23	8.74	73	22.16	123	29.57	173	35.51	223	40.99	273	46.41	323	51.98	373	57.75
24	9.20	74	22.34	124	29.70	174	35.62	224	41.09	274	46.52	324	52.10	374	57.87
25	9.64	75	22.51	125	29.82	175	35.73	225	41.20	275	46.63	325	52.21	375	57.99
26	10.07	76	22.69	126	29.95	176	35.85	226	41.31	276	46.74	326	52.33	376	58.10
27	10.48	77	22.86	127	30.08	177	35.96	227	41.42	277	46.85	327	52.44	377	58.22
28	10.88	78	23.03	128	30.20	178	36.07	228	41.53	278	46.96	328	52.55	378	58.34
29	11.27	79	23.20	129	30.33	179	36.18	229	41.63	279	47.07	329	52.67	379	58.45
30	11.64	80	23.37	130	30.45	180	36.29	230	41.74	280	47.18	330	52.78	380	58.57
31	12.00	81	23.53	131	30.58	181	36.40	231	41.85	281	47.29	331	52.90	381	58.69
32	12.36	82	23.70	132	30.70	182	36.51	232	41.96	282	47.40	332	53.01	382	58.80
33	12.70	83	23.86	133	30.83	183	36.63	233	42.07	283	47.51	333	53.12	383	58.92
34	13.03	84	24.02	134	30.95	184	36.74	234	42.17	284	47.62	334	53.24	384	59.04
35	13.36	85	24.18	135	31.07	185	36.85	235	42.28	285	47.73	335	53.35	385	59.15
36	13.68	86	24.34	136	31.19	186	36.96	236	42.39	286	47.84	336	53.47	386	59.27
37	13.99	87	24.50	137	31.32	187	37.07	237	42.50	287	47.95	337	53.58	387	59.39
38	14.29	88	24.65	138	31.44	188	37.18	238	42.61	288	48.06	338	53.70	388	59.50
39	14.58	89	24.81	139	31.56	189	37.29	239	42.71	289	48.17	339	53.81	389	59.62
40	14.87	90	24.96	140	31.68	190	37.40	240	42.82	290	48.28	340	53.93	390	59.74
41	15.16	91	25.12	141	31.80	191	37.51	241	42.93	291	48.39	341	54.04	391	59.86
42	15.43	92	25.27	142	31.92	192	37.62	242	43.04	292	48.50	342	54.16	392	59.97
43	15.71	93	25.42	143	32.04	193	37.73	243	43.15	293	48.61	343	54.27	393	60.09
44	15.97	94	25.57	144	32.16	194	37.84	244	43.25	294	48.73	344	54.39	394	60.21
45	16.24	95	25.72	145	32.28	195	37.95	245	43.36	295	48.84	345	54.50	395	60.32
46	16.49	96	25.87	146	32.40	196	38.06	246	43.47	296	48.95	346	54.62	396	60.44
47	16.75	97	26.02	147	32.52	197	38.16	247	43.58	297	49.06	347	54.73	397	60.56
48	16.99	98	26.16	148	32.64	198	38.27	248	43.69	298	49.17	348	54.85	398	60.67
49	17.24	99	26.31	149	32.75	199	38.38	249	43.80	299	49.28	349	54.96	399	60.79
50	17.48	100	26.45	150	32.87	200	38.49	250	43.90	300	49.39	350	55.08	400	60.90
51	17.71	101	26.59	151	32.99	201	38.60	251	44.01	301	49.51	351	55.20	401	61.02
52	17.94	102	26.74	152	33.11	202	38.71	252	44.12	302	49.62	352	55.31	402	61.14
53	18.17	103	26.88	153	33.22	203	38.82	253	44.23	303	49.73	353	55.43	403	61.25
54	18.40	104	27.02	154	33.34	204	38.93	254	44.34	304	49.84	354	55.54	404	61.37
55	18.62	105	27.16	155	33.46	205	39.04	255	44.45	305	49.95	355	55.66	405	61.49
56	18.84	106	27.30	156	33.57	206	39.14	256	44.55	306	50.07	356	55.77	406	61.60
57	19.05	107	27.44	157	33.69	207	39.25	257	44.66	307	50.18	357	55.89	407	61.72
58	19.27	108	27.58	158	33.80	208	39.36	258	44.77	308	50.29	358	56.01	408	61.84
59	19.48	109	27.71	159	33.92	209	39.47	259	44.88	309	50.40	359	56.12	409	61.95
60	19.68	110	27.85	160	34.03	210	39.58	260	44.99	310	50.51	360	56.24	410	62.07

Pendiente SUR (cont.)

Alt.	Edad										
411	62.18	461	67.82	511	72.87	561	77.06	611	80.34	661	82.83
412	62.30	462	67.92	512	72.96	562	77.14	612	80.40	662	82.87
413	62.41	463	68.03	513	73.05	563	77.21	613	80.46	663	82.91
414	62.53	464	68.14	514	73.15	564	77.28	614	80.51	664	82.95
415	62.65	465	68.25	515	73.24	565	77.36	615	80.57	665	82.99
416	62.76	466	68.35	516	73.33	566	77.43	616	80.62	666	83.04
417	62.88	467	68.46	517	73.42	567	77.50	617	80.68	667	83.08
418	62.99	468	68.57	518	73.51	568	77.58	618	80.73	668	83.12
419	63.11	469	68.67	519	73.60	569	77.65	619	80.79	669	83.16
420	63.22	470	68.78	520	73.69	570	77.72	620	80.84	670	83.20
421	63.34	471	68.88	521	73.78	571	77.79	621	80.90	671	83.24
422	63.45	472	68.99	522	73.87	572	77.86	622	80.95	672	83.28
423	63.57	473	69.10	523	73.96	573	77.93	623	81.01	673	83.32
424	63.68	474	69.20	524	74.05	574	78.00	624	81.06	674	83.36
425	63.80	475	69.30	525	74.14	575	78.07	625	81.11	675	83.40
426	63.91	476	69.41	526	74.22	576	78.14	626	81.16	676	83.44
427	64.03	477	69.51	527	74.31	577	78.21	627	81.22	677	83.48
428	64.14	478	69.62	528	74.40	578	78.28	628	81.27	678	83.52
429	64.25	479	69.72	529	74.48	579	78.35	629	81.32	679	83.56
430	64.37	480	69.82	530	74.57	580	78.41	630	81.37	680	83.60
431	64.48	481	69.93	531	74.66	581	78.48	631	81.42	681	83.63
432	64.59	482	70.03	532	74.74	582	78.55	632	81.47	682	83.67
433	64.71	483	70.13	533	74.83	583	78.61	633	81.52	683	83.71
434	64.82	484	70.23	534	74.91	584	78.68	634	81.57	684	83.75
435	64.94	485	70.34	535	75.00	585	78.75	635	81.62	685	83.78
436	65.05	486	70.44	536	75.08	586	78.81	636	81.67	686	83.82
437	65.16	487	70.54	537	75.17	587	78.88	637	81.72	687	83.86
438	65.27	488	70.64	538	75.25	588	78.94	638	81.77	688	83.89
439	65.39	489	70.74	539	75.33	589	79.01	639	81.82	689	83.93
440	65.50	490	70.84	540	75.41	590	79.07	640	81.87	690	83.97
441	65.61	491	70.94	541	75.50	591	79.14	641	81.92	691	84.00
442	65.72	492	71.04	542	75.58	592	79.20	642	81.97	692	84.04
443	65.84	493	71.14	543	75.66	593	79.26	643	82.01	693	84.08
444	65.95	494	71.24	544	75.74	594	79.33	644	82.06	694	84.11
445	66.06	495	71.34	545	75.82	595	79.39	645	82.11	695	84.15
446	66.17	496	71.43	546	75.90	596	79.45	646	82.15	696	84.18
447	66.28	497	71.53	547	75.98	597	79.51	647	82.20	697	84.22
448	66.39	498	71.63	548	76.06	598	79.57	648	82.25	698	84.25
449	66.50	499	71.73	549	76.14	599	79.63	649	82.29	699	84.28
450	66.61	500	71.82	550	76.22	600	79.70	650	82.34	700	84.32
451	66.72	501	71.92	551	76.30	601	79.76	651	82.38		
452	66.83	502	72.02	552	76.38	602	79.82	652	82.43		
453	66.94	503	72.11	553	76.45	603	79.88	653	82.47		
454	67.05	504	72.21	554	76.53	604	79.94	654	82.52		
455	67.16	505	72.30	555	76.61	605	79.99	655	82.56		
456	67.27	506	72.40	556	76.68	606	80.05	656	82.61		
457	67.38	507	72.49	557	76.76	607	80.11	657	82.65		
458	67.49	508	72.59	558	76.84	608	80.17	658	82.70		
459	67.60	509	72.68	559	76.91	609	80.23	659	82.74		
460	67.71	510	72.78	560	76.99	610	80.29	660	82.78		

Pendientes ESTE

Alt.	Edad	Alt.	Edad										
11	2.15	61	43.36	111	60.85	161	74.09	211	86.01	261	97.84	311	110.39
12	4.12	62	43.80	112	61.14	162	74.33	212	86.25	262	98.08	312	110.66
13	5.94	63	44.23	113	61.43	163	74.58	213	86.48	263	98.32	313	110.92
14	7.62	64	44.66	114	61.72	164	74.83	214	86.71	264	98.56	314	111.18
15	9.20	65	45.08	115	62.00	165	75.07	215	86.95	265	98.81	315	111.45
16	10.68	66	45.50	116	62.29	166	75.31	216	87.18	266	99.05	316	111.72
17	12.08	67	45.91	117	62.57	167	75.56	217	87.42	267	99.29	317	111.98
18	13.39	68	46.31	118	62.85	168	75.80	218	87.65	268	99.54	318	112.25
19	14.65	69	46.72	119	63.14	169	76.04	219	87.89	269	99.78	319	112.52
20	15.84	70	47.12	120	63.42	170	76.29	220	88.12	270	100.02	320	112.79
21	16.98	71	47.51	121	63.69	171	76.53	221	88.36	271	100.27	321	113.06
22	18.07	72	47.90	122	63.97	172	76.77	222	88.59	272	100.51	322	113.33
23	19.11	73	48.29	123	64.25	173	77.01	223	88.82	273	100.76	323	113.60
24	20.11	74	48.67	124	64.52	174	77.25	224	89.06	274	101.00	324	113.87
25	21.08	75	49.05	125	64.80	175	77.49	225	89.29	275	101.25	325	114.14
26	22.01	76	49.42	126	65.07	176	77.73	226	89.53	276	101.49	326	114.41
27	22.91	77	49.79	127	65.34	177	77.97	227	89.76	277	101.74	327	114.69
28	23.77	78	50.16	128	65.61	178	78.21	228	90.00	278	101.99	328	114.96
29	24.61	79	50.52	129	65.88	179	78.45	229	90.23	279	102.23	329	115.23
30	25.43	80	50.89	130	66.15	180	78.69	230	90.47	280	102.48	330	115.51
31	26.22	81	51.24	131	66.42	181	78.93	231	90.70	281	102.73	331	115.79
32	26.99	82	51.60	132	66.69	182	79.17	232	90.94	282	102.98	332	116.06
33	27.74	83	51.95	133	66.95	183	79.41	233	91.17	283	103.23	333	116.34
34	28.46	84	52.30	134	67.22	184	79.65	234	91.41	284	103.48	334	116.62
35	29.17	85	52.65	135	67.48	185	79.88	235	91.65	285	103.73	335	116.90
36	29.86	86	52.99	136	67.75	186	80.12	236	91.88	286	103.98	336	117.18
37	30.54	87	53.33	137	68.01	187	80.36	237	92.12	287	104.23	337	117.46
38	31.20	88	53.67	138	68.27	188	80.60	238	92.35	288	104.48	338	117.74
39	31.84	89	54.00	139	68.53	189	80.83	239	92.59	289	104.73	339	118.02
40	32.47	90	54.34	140	68.79	190	81.07	240	92.83	290	104.98	340	118.30
41	33.09	91	54.67	141	69.05	191	81.31	241	93.06	291	105.24	341	118.59
42	33.69	92	55.00	142	69.31	192	81.54	242	93.30	292	105.49	342	118.87
43	34.29	93	55.32	143	69.56	193	81.78	243	93.54	293	105.74	343	119.15
44	34.87	94	55.65	144	69.82	194	82.02	244	93.77	294	106.00	344	119.44
45	35.43	95	55.97	145	70.08	195	82.25	245	94.01	295	106.25	345	119.73
46	35.99	96	56.29	146	70.33	196	82.49	246	94.25	296	106.51	346	120.01
47	36.54	97	56.60	147	70.59	197	82.72	247	94.49	297	106.76	347	120.30
48	37.08	98	56.92	148	70.84	198	82.96	248	94.72	298	107.02	348	120.59
49	37.61	99	57.23	149	71.09	199	83.19	249	94.96	299	107.27	349	120.88
50	38.13	100	57.54	150	71.35	200	83.43	250	95.20	300	107.53	350	121.17
51	38.64	101	57.85	151	71.60	201	83.66	251	95.44	301	107.79	351	121.46
52	39.15	102	58.16	152	71.85	202	83.90	252	95.68	302	108.05	352	121.76
53	39.64	103	58.47	153	72.10	203	84.13	253	95.92	303	108.30	353	122.05
54	40.13	104	58.77	154	72.35	204	84.37	254	96.16	304	108.56	354	122.34
55	40.61	105	59.07	155	72.60	205	84.60	255	96.40	305	108.82	355	122.64
56	41.09	106	59.37	156	72.85	206	84.84	256	96.64	306	109.08	356	122.93
57	41.55	107	59.67	157	73.10	207	85.07	257	96.88	307	109.34	357	123.23
58	42.02	108	59.97	158	73.35	208	85.31	258	97.12	308	109.60	358	123.53
59	42.47	109	60.26	159	73.60	209	85.54	259	97.36	309	109.87	359	123.83
60	42.92	110	60.56	160	73.84	210	85.78	260	97.60	310	110.13	360	124.13

Pendiente ESTE (cont.)

Alt.	Edad										
411	140.72	461	159.92	511	181.97	561	205.16	611	226.31	661	243.02
412	141.07	462	160.34	512	182.44	562	205.62	612	226.69	662	243.31
413	141.43	463	160.75	513	182.90	563	206.07	613	227.07	663	243.59
414	141.78	464	161.17	514	183.36	564	206.52	614	227.45	664	243.87
415	142.14	465	161.59	515	183.82	565	206.97	615	227.82	665	244.15
416	142.50	466	162.01	516	184.29	566	207.42	616	228.20	666	244.43
417	142.86	467	162.43	517	184.75	567	207.87	617	228.57	667	244.70
418	143.22	468	162.85	518	185.22	568	208.32	618	228.94	668	244.98
419	143.58	469	163.28	519	185.68	569	208.77	619	229.31	669	245.25
420	143.95	470	163.70	520	186.15	570	209.21	620	229.68	670	245.52
421	144.31	471	164.13	521	186.61	571	209.66	621	230.04	671	245.78
422	144.68	472	164.56	522	187.08	572	210.10	622	230.40	672	246.05
423	145.05	473	164.99	523	187.54	573	210.55	623	230.76	673	246.32
424	145.41	474	165.41	524	188.01	574	210.99	624	231.12	674	246.58
425	145.78	475	165.85	525	188.48	575	211.43	625	231.48	675	246.84
426	146.15	476	166.28	526	188.94	576	211.87	626	231.84	676	247.10
427	146.53	477	166.71	527	189.41	577	212.31	627	232.19	677	247.35
428	146.90	478	167.14	528	189.88	578	212.74	628	232.54	678	247.61
429	147.27	479	167.58	529	190.34	579	213.18	629	232.89	679	247.86
430	147.65	480	168.01	530	190.81	580	213.61	630	233.24	680	248.11
431	148.03	481	168.45	531	191.28	581	214.04	631	233.58	681	248.36
432	148.41	482	168.89	532	191.74	582	214.48	632	233.92	682	248.61
433	148.79	483	169.33	533	192.21	583	214.91	633	234.27	683	248.86
434	149.17	484	169.77	534	192.68	584	215.34	634	234.61	684	249.10
435	149.55	485	170.21	535	193.14	585	215.76	635	234.94	685	249.35
436	149.93	486	170.65	536	193.61	586	216.19	636	235.28	686	249.59
437	150.32	487	171.09	537	194.08	587	216.61	637	235.61	687	249.83
438	150.70	488	171.54	538	194.54	588	217.04	638	235.94	688	250.07
439	151.09	489	171.98	539	195.01	589	217.46	639	236.27	689	250.30
440	151.48	490	172.43	540	195.48	590	217.88	640	236.60	690	250.54
441	151.87	491	172.88	541	195.94	591	218.29	641	236.92	691	250.77
442	152.26	492	173.32	542	196.41	592	218.71	642	237.25	692	251.00
443	152.65	493	173.77	543	196.87	593	219.13	643	237.57	693	251.23
444	153.04	494	174.22	544	197.34	594	219.54	644	237.89	694	251.46
445	153.44	495	174.67	545	197.80	595	219.95	645	238.21	695	251.69
446	153.83	496	175.12	546	198.27	596	220.36	646	238.52	696	251.91
447	154.23	497	175.57	547	198.73	597	220.77	647	238.84	697	252.13
448	154.63	498	176.03	548	199.19	598	221.18	648	239.15	698	252.36
449	155.03	499	176.48	549	199.66	599	221.58	649	239.46	699	252.58
450	155.43	500	176.93	550	200.12	600	221.99	650	239.77	700	252.79
451	155.83	501	177.39	551	200.58	601	222.39	651	240.07		
452	156.24	502	177.84	552	201.04	602	222.79	652	240.37		
453	156.64	503	178.30	553	201.50	603	223.19	653	240.68		
454	157.05	504	178.76	554	201.96	604	223.58	654	240.98		
455	157.45	505	179.22	555	202.42	605	223.98	655	241.27		
456	157.86	506	179.67	556	202.88	606	224.37	656	241.57		
457	158.27	507	180.13	557	203.34	607	224.76	657	241.87		
458	158.68	508	180.59	558	203.80	608	225.15	658	242.16		
459	159.09	509	181.05	559	204.25	609	225.54	659	242.45		
460	159.51	510	181.51	560	204.71	610	225.92	660	242.74		

Pendiente NORTE

Alt.	Edad														
11	1.50	61	29.88	111	41.32	161	49.50	211	56.42	261	62.78	311	68.98	361	75.28
12	2.88	62	30.17	112	41.50	162	49.65	212	56.55	262	62.91	312	69.11	362	75.41
13	4.15	63	30.46	113	41.69	163	49.80	213	56.68	263	63.03	313	69.23	363	75.54
14	5.33	64	30.75	114	41.87	164	49.95	214	56.81	264	63.16	314	69.36	364	75.67
15	6.43	65	31.03	115	42.05	165	50.09	215	56.94	265	63.28	315	69.48	365	75.80
16	7.46	66	31.31	116	42.23	166	50.24	216	57.07	266	63.40	316	69.61	366	75.93
17	8.44	67	31.58	117	42.41	167	50.38	217	57.20	267	63.53	317	69.73	367	76.05
18	9.35	68	31.85	118	42.59	168	50.53	218	57.33	268	63.65	318	69.85	368	76.18
19	10.22	69	32.12	119	42.77	169	50.67	219	57.46	269	63.78	319	69.98	369	76.31
20	11.05	70	32.38	120	42.94	170	50.81	220	57.59	270	63.90	320	70.10	370	76.44
21	11.84	71	32.64	121	43.12	171	50.96	221	57.72	271	64.03	321	70.23	371	76.57
22	12.60	72	32.90	122	43.29	172	51.10	222	57.85	272	64.15	322	70.35	372	76.70
23	13.32	73	33.16	123	43.46	173	51.24	223	57.98	273	64.27	323	70.48	373	76.83
24	14.02	74	33.41	124	43.64	174	51.38	224	58.11	274	64.40	324	70.60	374	76.96
25	14.68	75	33.66	125	43.81	175	51.53	225	58.23	275	64.52	325	70.73	375	77.09
26	15.33	76	33.91	126	43.98	176	51.67	226	58.36	276	64.65	326	70.85	376	77.22
27	15.95	77	34.15	127	44.15	177	51.81	227	58.49	277	64.77	327	70.98	377	77.35
28	16.55	78	34.40	128	44.32	178	51.95	228	58.62	278	64.89	328	71.10	378	77.48
29	17.13	79	34.64	129	44.49	179	52.09	229	58.75	279	65.02	329	71.23	379	77.61
30	17.69	80	34.87	130	44.65	180	52.23	230	58.87	280	65.14	330	71.35	380	77.75
31	18.23	81	35.11	131	44.82	181	52.37	231	59.00	281	65.27	331	71.48	381	77.88
32	18.76	82	35.34	132	44.99	182	52.51	232	59.13	282	65.39	332	71.60	382	78.01
33	19.27	83	35.57	133	45.15	183	52.65	233	59.26	283	65.51	333	71.73	383	78.14
34	19.77	84	35.80	134	45.32	184	52.79	234	59.38	284	65.64	334	71.86	384	78.27
35	20.26	85	36.03	135	45.48	185	52.92	235	59.51	285	65.76	335	71.98	385	78.40
36	20.73	86	36.25	136	45.64	186	53.06	236	59.64	286	65.88	336	72.11	386	78.53
37	21.20	87	36.47	137	45.80	187	53.20	237	59.77	287	66.01	337	72.23	387	78.67
38	21.65	88	36.69	138	45.97	188	53.34	238	59.89	288	66.13	338	72.36	388	78.80
39	22.09	89	36.91	139	46.13	189	53.47	239	60.02	289	66.26	339	72.48	389	78.93
40	22.52	90	37.13	140	46.29	190	53.61	240	60.15	290	66.38	340	72.61	390	79.06
41	22.94	91	37.34	141	46.45	191	53.75	241	60.27	291	66.50	341	72.74	391	79.20
42	23.35	92	37.56	142	46.60	192	53.88	242	60.40	292	66.63	342	72.86	392	79.33
43	23.75	93	37.77	143	46.76	193	54.02	243	60.53	293	66.75	343	72.99	393	79.46
44	24.15	94	37.98	144	46.92	194	54.15	244	60.65	294	66.88	344	73.12	394	79.60
45	24.53	95	38.19	145	47.08	195	54.29	245	60.78	295	67.00	345	73.24	395	79.73
46	24.91	96	38.39	146	47.23	196	54.42	246	60.90	296	67.12	346	73.37	396	79.86
47	25.28	97	38.60	147	47.39	197	54.56	247	61.03	297	67.25	347	73.50	397	80.00
48	25.65	98	38.80	148	47.54	198	54.69	248	61.15	298	67.37	348	73.62	398	80.13
49	26.01	99	39.00	149	47.70	199	54.83	249	61.28	299	67.49	349	73.75	399	80.26
50	26.36	100	39.20	150	47.85	200	54.96	250	61.41	300	67.62	350	73.88	400	80.40
51	26.71	101	39.40	151	48.00	201	55.09	251	61.53	301	67.74	351	74.00	401	80.53
52	27.05	102	39.60	152	48.16	202	55.23	252	61.66	302	67.87	352	74.13	402	80.67
53	27.38	103	39.80	153	48.31	203	55.36	253	61.78	303	67.99	353	74.26	403	80.80
54	27.71	104	39.99	154	48.46	204	55.49	254	61.91	304	68.11	354	74.39	404	80.94
55	28.04	105	40.18	155	48.61	205	55.63	255	62.03	305	68.24	355	74.51	405	81.07
56	28.35	106	40.38	156	48.76	206	55.76	256	62.16	306	68.36	356	74.64	406	81.21
57	28.67	107	40.57	157	48.91	207	55.89	257	62.28	307	68.49	357	74.77	407	81.34
58	28.98	108	40.76	158	49.06	208	56.02	258	62.41	308	68.61	358	74.90	408	81.48
59	29.28	109	40.94	159	49.21	209	56.15	259	62.53	309	68.73	359	75.03	409	81.62
60	29.58	110	41.13	160	49.36	210	56.29	260	62.66	310	68.86	360	75.15	410	81.75

Pendiente NORTE (cont.)

Alt.	Edad	Alt.	Edad	Alt.	Edad	Alt.	Edad	Alt.	Edad	Alt.	Edad
411	81.89	461	89.00	511	96.78	561	105.39	611	114.85	661	124.99
412	82.03	462	89.15	512	96.95	562	105.57	612	115.05	662	125.20
413	82.16	463	89.29	513	97.11	563	105.75	613	115.24	663	125.41
414	82.30	464	89.44	514	97.28	564	105.93	614	115.44	664	125.62
415	82.44	465	89.59	515	97.44	565	106.12	615	115.64	665	125.82
416	82.57	466	89.74	516	97.61	566	106.30	616	115.84	666	126.03
417	82.71	467	89.89	517	97.77	567	106.48	617	116.04	667	126.24
418	82.85	468	90.04	518	97.94	568	106.66	618	116.24	668	126.45
419	82.99	469	90.19	519	98.10	569	106.85	619	116.43	669	126.65
420	83.13	470	90.34	520	98.27	570	107.03	620	116.63	670	126.86
421	83.26	471	90.49	521	98.44	571	107.22	621	116.83	671	127.07
422	83.40	472	90.65	522	98.60	572	107.40	622	117.03	672	127.28
423	83.54	473	90.80	523	98.77	573	107.58	623	117.23	673	127.49
424	83.68	474	90.95	524	98.94	574	107.77	624	117.43	674	127.69
425	83.82	475	91.10	525	99.11	575	107.95	625	117.63	675	127.90
426	83.96	476	91.25	526	99.28	576	108.14	626	117.84	676	128.11
427	84.10	477	91.41	527	99.44	577	108.33	627	118.04	677	128.32
428	84.24	478	91.56	528	99.61	578	108.51	628	118.24	678	128.53
429	84.38	479	91.71	529	99.78	579	108.70	629	118.44	679	128.74
430	84.52	480	91.87	530	99.95	580	108.89	630	118.64	680	128.94
431	84.66	481	92.02	531	100.12	581	109.07	631	118.84	681	129.15
432	84.80	482	92.18	532	100.29	582	109.26	632	119.05	682	129.36
433	84.94	483	92.33	533	100.46	583	109.45	633	119.25	683	129.57
434	85.09	484	92.48	534	100.64	584	109.64	634	119.45	684	129.78
435	85.23	485	92.64	535	100.81	585	109.83	635	119.65	685	129.98
436	85.37	486	92.80	536	100.98	586	110.02	636	119.86	686	130.19
437	85.51	487	92.95	537	101.15	587	110.21	637	120.06	687	130.40
438	85.65	488	93.11	538	101.32	588	110.40	638	120.26	688	130.61
439	85.80	489	93.26	539	101.50	589	110.59	639	120.47	689	130.82
440	85.94	490	93.42	540	101.67	590	110.78	640	120.67	690	131.02
441	86.08	491	93.58	541	101.84	591	110.97	641	120.88	691	131.23
442	86.22	492	93.73	542	102.02	592	111.16	642	121.08	692	131.44
443	86.37	493	93.89	543	102.19	593	111.35	643	121.29	693	131.65
444	86.51	494	94.05	544	102.37	594	111.54	644	121.49	694	131.86
445	86.66	495	94.21	545	102.54	595	111.73	645	121.70	695	132.06
446	86.80	496	94.37	546	102.72	596	111.93	646	121.90	696	132.27
447	86.95	497	94.53	547	102.89	597	112.12	647	122.11	697	132.48
448	87.09	498	94.69	548	103.07	598	112.31	648	122.31	698	132.69
449	87.24	499	94.84	549	103.25	599	112.51	649	122.52	699	132.89
450	87.38	500	95.00	550	103.42	600	112.70	650	122.72	700	133.10
451	87.53	501	95.16	551	103.60	601	112.89	651	122.93		
452	87.67	502	95.33	552	103.78	602	113.09	652	123.13		
453	87.82	503	95.49	553	103.95	603	113.28	653	123.34		
454	87.96	504	95.65	554	104.13	604	113.48	654	123.55		
455	88.11	505	95.81	555	104.31	605	113.67	655	123.75		
456	88.26	506	95.97	556	104.49	606	113.87	656	123.96		
457	88.41	507	96.13	557	104.67	607	114.06	657	124.17		
458	88.55	508	96.29	558	104.85	608	114.26	658	124.37		
459	88.70	509	96.46	559	105.03	609	114.46	659	124.58		
460	88.85	510	96.62	560	105.21	610	114.65	660	124.79		

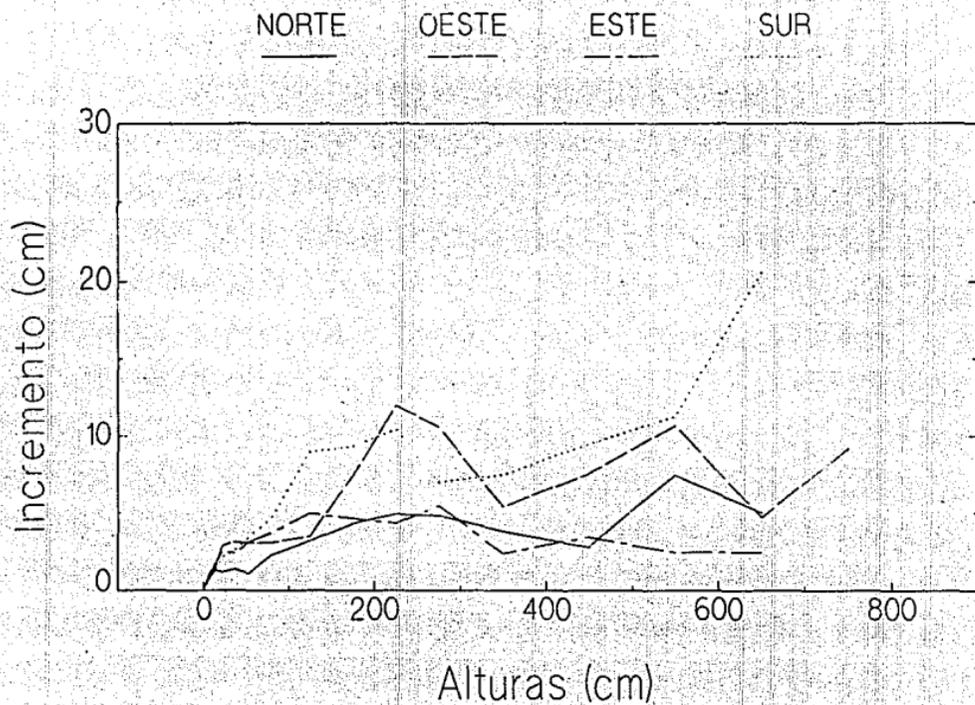


Figura 1.- Incremento anual en altura del tronco principal

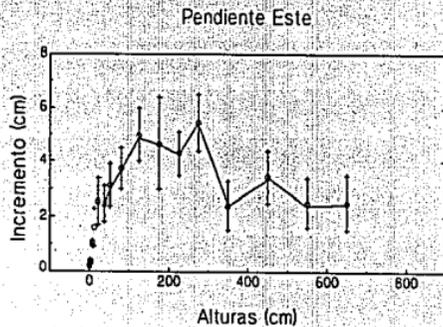
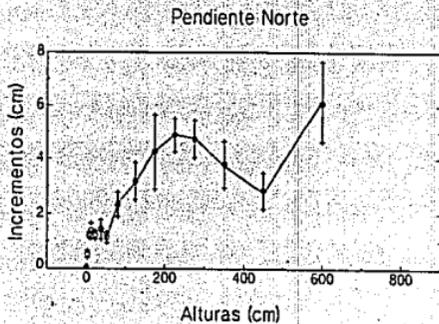
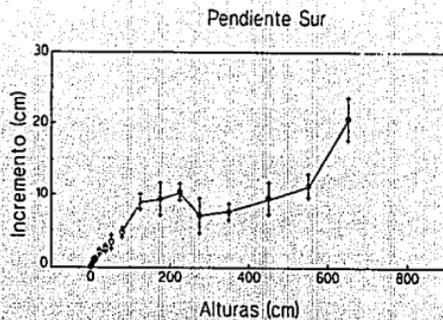
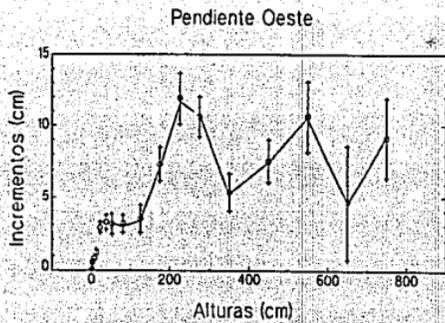


Figura 2.- Crecimiento anual y errores estandar asociados
al crecimiento en cada pendiente

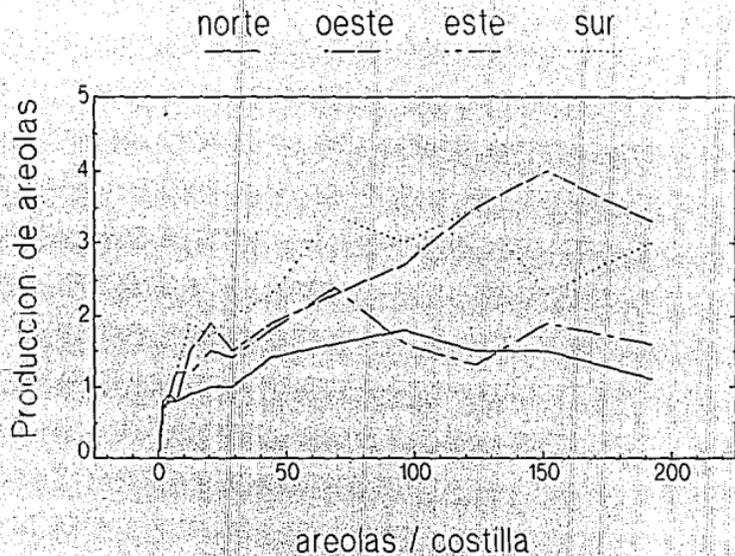


Figura 3.- Incremento anual del número de areolas en una costilla del tronco principal para diferentes plantas agrupadas por categoría de número de areolas en una costilla

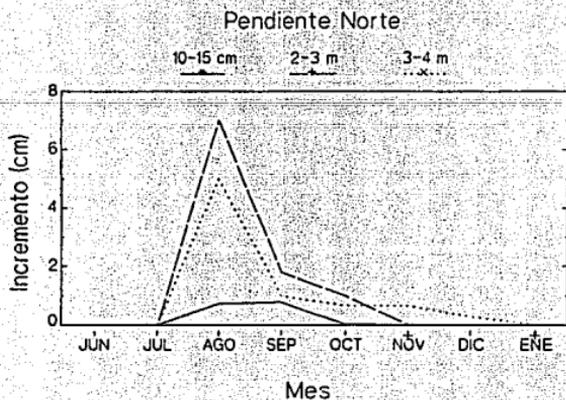
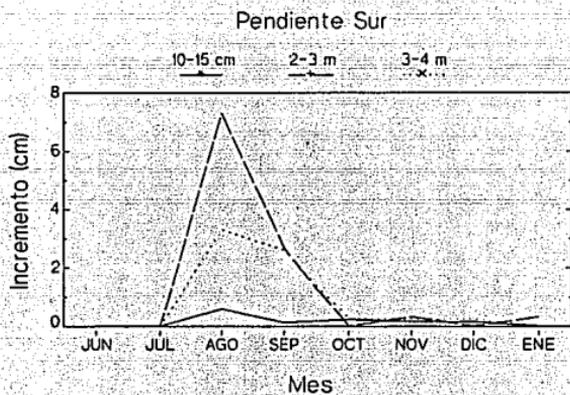
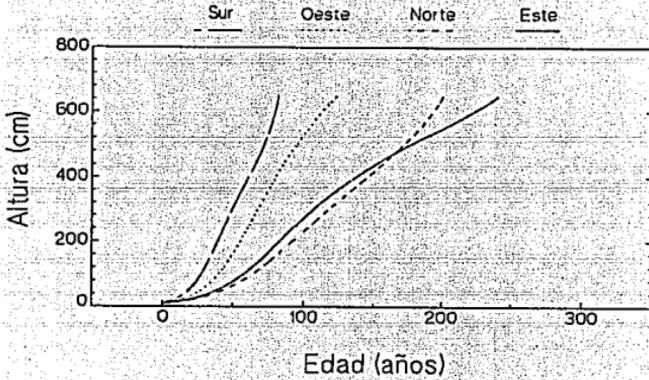


Figura 4.- Periodo de crecimiento para plantas agrupadas en tres categorías de tamaño en las pendientes sur y norte

Edades Continuas



Edades Discretas

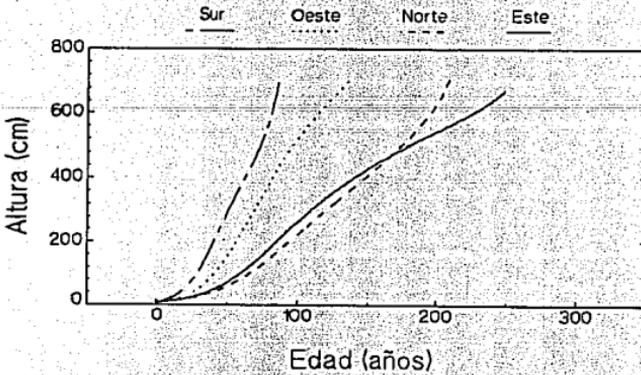


Figura 5.- Relación altura-edad estimada con base en los modelos continuo y discreto

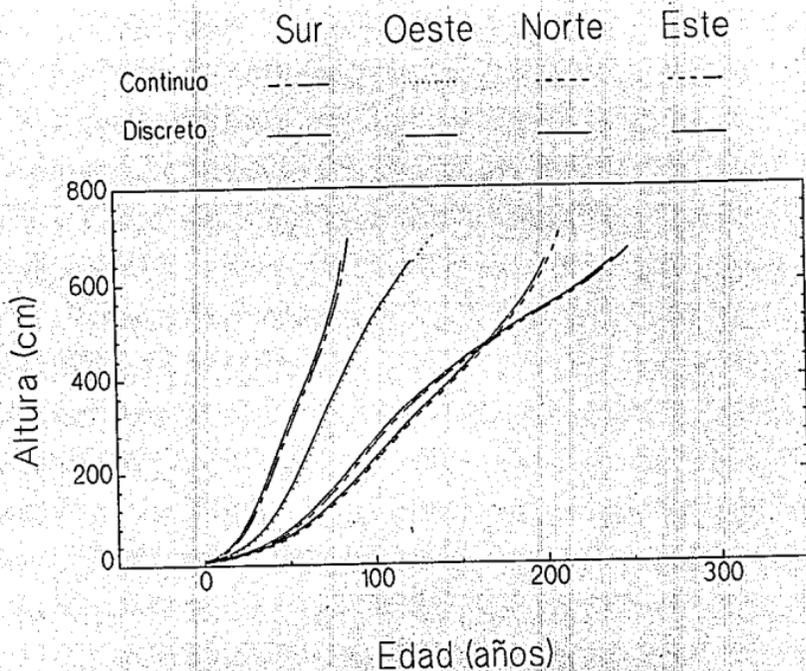


Figura 6.- Comparación de la relación tamaño-edad estimada con ambos métodos

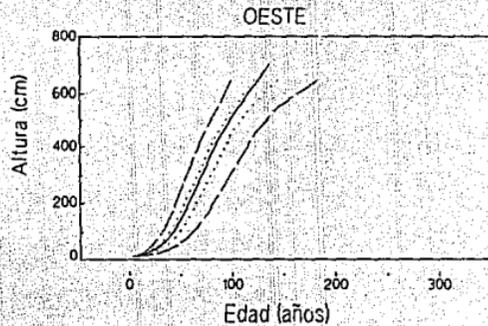
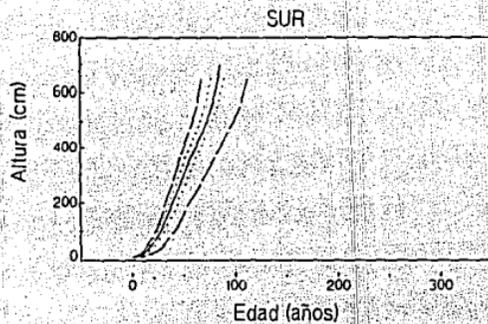
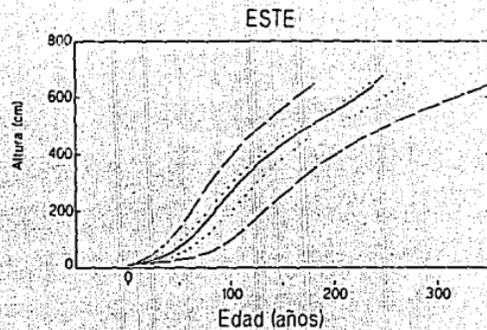
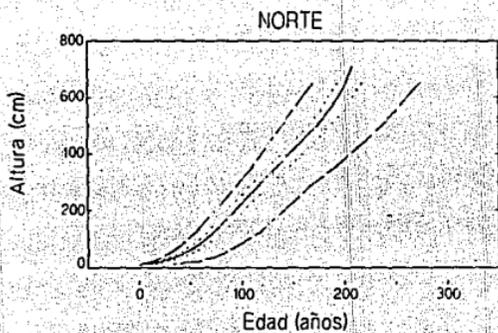


Figura 7.- Intervalos de confianza para la relación altura-edad; --- 95%; 99%

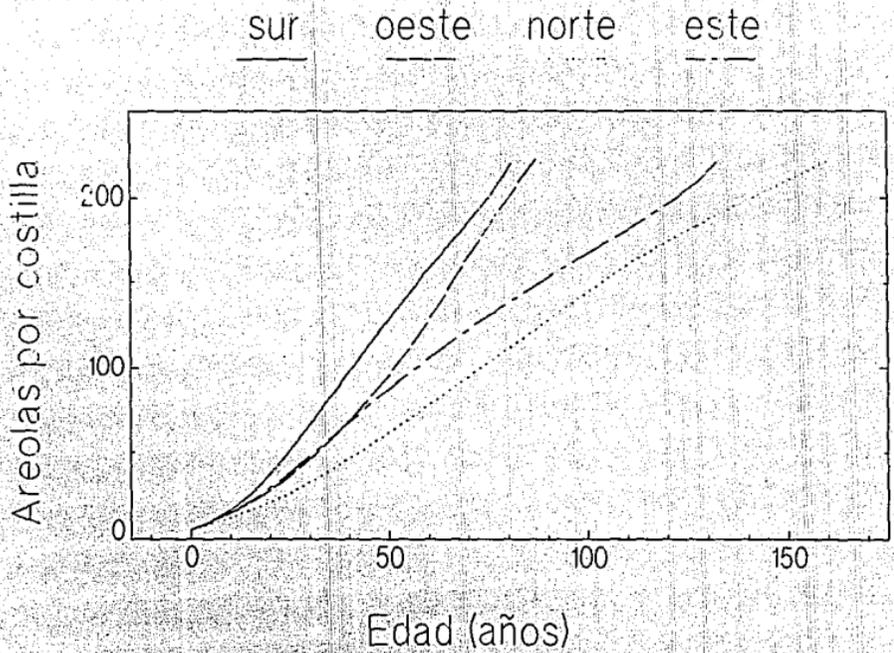


Figura 8.- Relación número de areolas-edad (años) estimada con base en el modelo discreto.