

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**ELABORACIÓN DE UNA ECUACIÓN DE
VOLUMEN PARA UN BOSQUE DE
TERRAZAS ALTAS EN EL CODO DEL
POZUZO, PUERTO INCA, HUÁNUCO**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

ESSBER ROBERTO RUIZ ICOCHEA

Lima – Perú
2007

RESUMEN

Para la realización del presente estudio se tomo una muestra de 100 individuos arbóreos en el bosque de Terrazas Altas perteneciente a la empresa MATROSAC, ubicada en el Codo del Pozuzo, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco.

El objetivo fue determinar la mejor combinación de variables (Ecuación de Volumen) que permita el cálculo del volumen del stock maderable comercial en el área de estudio.

Se utilizaron dos criterios para la elección de árboles a medir: la estructura del bosque y la abundancia de las especies comerciales respecto a las otras especies con valor en el mercado actual; se tomó como base el inventario realizado por López *et al.* (2006).

Primero se calcularon cocientes e índices de forma a partir del diámetro a la altura del pecho (*dap*), diámetro a la mitad del fuste (*dmf*), diámetro al punto de copa (*dpc*), y altura (*h*), obteniendo así los cocientes de forma *q* y *z*; y el índice de forma *k* para cada individuo analizado.

Se escogieron 24 modelos originales a partir de bibliografía consultada. A estos modelos se les agregó los cocientes e índice de forma, resultando un total de 4 grupos de modelos de ecuaciones, produciendo de esta manera 96 modelos.

Estos 96 modelos fueron ponderados con 4 diferentes factores, produciendo en total 480 modelos de ecuaciones (20 grupos)

Para determinar las ecuaciones de volumen se realizaron análisis de regresión fundamentados en el Método de los Mínimos Cuadrados; con y sin ponderación; en cada uno de los modelos de ecuaciones lo que produjo 480 ecuaciones. Luego se seleccionó la mejor ecuación por grupo, en función al menor Cuadrado Medio del Error (CME); resultando así 20 ecuaciones seleccionadas, las cuales fueron comparadas mediante el Índice de Furnival.

Así, se llego a la conclusión que la ecuación que mejor estima el volumen del bosque de terrazas altas del codo del pozuzo es:

$$V = - 3,68 + 1,56 \text{ dap} + 0,0405 \text{ h} + 0,433 \text{ dap}^2 \text{ h} + 3,28 \text{ q}$$

El cociente de forma q es el que mejora la estimación del stock maderable comercial del codo del pozuzo con mayor éxito, y el factor de ponderación $1/dap^4$ es el que mejores resultados nos brindó.

Se halló el Factor de Forma de cada individuo analizado; para luego hallar el promedio por especie y por clase diamétrica; se encontró que, a excepción de la especie "Sachavaca", los Factores de Forma por especie son mayores al Factor de Forma recomendado por el INRENA para el cálculo de volumen de árboles individuales en el país.

Además, se constató que la cilindricidad de los individuos va disminuyendo a medida que aumenta el dap de los mismos.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VII
LISTA DE CUADROS.....	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 VOLUMETRÍA Y FORMA DE LOS ÁRBOLES.....	3
2.2 ECUACIONES Y TABLAS DE VOLUMEN.....	5
2.3 ANÁLISIS DE REGRESIÓN POR EL MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS.....	8
2.4 ANÁLISIS DE REGRESIÓN PONDERADA.....	10
2.5 ÍNDICE DE FURNIVAL.....	12
2.6 OTROS ESTUDIOS SIMILARES.....	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.....	15
3.2 MATERIALES.....	16
3.2.1 Trabajo de Gabinete.....	16
3.2.2 Trabajo de Campo.....	17
3.3 METODOLOGÍA.....	17
3.3.1 Elaboración de las Ecuaciones de Volumen.....	17
3.3.2 Cálculo del Factor de Forma.....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
4.1 ELABORACION DE LAS ECUACIONES DE VOLUMEN.....	28
4.1.1 Selección de los árboles y medición de los volúmenes individuales.....	28
4.1.2 Establecimiento de las relaciones entre las mediciones tomadas sobre los árboles y sus volúmenes.....	31
4.2 FACTOR DE FORMA (Ff).....	50
5. CONCLUSIONES.....	55
RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXO 1	
MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA Q (GRUPO 2).....	63
ANEXO 2	
MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES QUE CONTIENEN EL ÍNDICE DE FORMA K (GRUPO 3).....	64
ANEXO 3	
MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA Z (GRUPO 4).....	65
ANEXO 4	
MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2$ (GRUPO 5).....	66

ANEXO 5	
MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA Q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2$ (GRUPO 6)	67
ANEXO 6	
MODELOS QUE CONTIENEN EL ÍNDICE DE FORMA K PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2$ (GRUPO 7)	68
ANEXO 7	
MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA Z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2$ (GRUPO 8)	69
ANEXO 8	
MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4$ (GRUPO 9)	70
ANEXO 9	
MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA Q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4$ (GRUPO 10)	71
ANEXO 10	
MODELOS QUE CONTIENEN EL ÍNDICE DE FORMA K PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4$ (GRUPO 11)	72
ANEXO 11	
MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA Z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4$ (GRUPO 12)	73
ANEXO 12	
MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2H$ (GRUPO 13)	74
ANEXO 13	
MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA Q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2H$ (GRUPO 14)	75
ANEXO 14	
MODELOS QUE CONTIENEN EL ÍNDICE DE FORMA K PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2H$ (GRUPO 15)	76
ANEXO 15	
MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA Z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2H$ (GRUPO 16)	77
ANEXO 16	
MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR DAP^4H^2 (GRUPO 17)	78
ANEXO 17	
MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA Q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4H^2$ (GRUPO 18)	79
ANEXO 18	
MODELOS QUE CONTIENEN EL ÍNDICE DE FORMA K PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4H^2$ (GRUPO 19)	80
ANEXO 19	

MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^{2H}$ (GRUPO 20)	81
ANEXO 20	
MEDICIONES REALIZADAS	82
ANEXO 21	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES (GRUPO 1).....	86
ANEXO 22	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES QUE INCLUYEN EL COCIENTE q (GRUPO 2)	87
ANEXO 23	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES QUE INCLUYEN EL ÍNDICE κ (GRUPO 3)	88
ANEXO 24	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES QUE INCLUYEN EL COCIENTE z (GRUPO 4).....	89
ANEXO 25	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2$ (GRUPO 5).....	90
ANEXO 26.	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA Q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2$ (GRUPO 6).....	91
ANEXO 27	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL ÍNDICE DE FORMA κ PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2$ (GRUPO 7).....	92
ANEXO 28	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2$ (GRUPO 8)	93
ANEXO 29	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2$ (GRUPO 9)	94
ANEXO 30	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4$ (GRUPO 10).....	95
ANEXO 31	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL ÍNDICE DE FORMA κ PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4$ (GRUPO 11)	96
ANEXO 32	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4$ (GRUPO 12)	97
ANEXO 33	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^{2H}$ (GRUPO 13)	98

ANEXO 34	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA Q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2H$ (GRUPO 14).....	99
ANEXO 35	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL ÍNDICE DE FORMA K PONDERADOS CON EL FACTOR $1/DAP^2H$ (GRUPO 15).....	100
ANEXO 36	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA Z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^2H$ (GRUPO 16).....	101
ANEXO 37	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4H^2$ (GRUPO 17)	102
ANEXO 38	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA Q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4H^2$ (GRUPO 18).....	103
ANEXO 39	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL ÍNDICE DE FORMA K PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4H^2$ (GRUPO 19)	104
ANEXO 40	
ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA Z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/DAP^4H^2$ (GRUPO 20).....	105
ANEXO 41	
ESPECIES TOMADAS EN CUENTA PARA EL PRESENTE ESTUDIO	106

Lista de cuadros

Página

CUADRO 1	MODELOS DE ECUACIONES DE VOLUMEN MÁS USADAS (LOETSCH <i>ET AL.</i> , 1973).....	9
CUADRO 2	MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES SELECCIONADOS	23
CUADRO 3	ABUNDANCIA DE LAS ESPECIES CENSADAS RESPECTO AL TOTAL DE ESPECIES COMERCIALES.	29
CUADRO 4	INDIVIDUOS MUESTREADOS POR CLASE DIAMÉTRICA	29
CUADRO 5	INDIVIDUOS MUESTREADOS.....	32
CUADRO 6	VOLÚMENES INDIVIDUALES	33
CUADRO 7	COCIENTE Q DE LOS INDIVIDUOS ESTUDIADOS	34
CUADRO 8	ÍNDICE K DE LOS INDIVIDUOS ESTUDIADOS	36
CUADRO 9	COCIENTE Z DE LOS INDIVIDUOS ESTUDIADOS	37
CUADRO 10	CME PARA LAS ECUACIONES ORIGINALES INCLUYENDO COCIENTES E ÍNDICE DE FORMA	40
CUADRO 11	CME PARA LAS ECUACIONES PONDERADAS CON EL FACTOR $1/DAP^2$	45
CUADRO 12	CME PARA LAS ECUACIONES PONDERADAS CON EL FACTOR $1/DAP^4$	46
CUADRO 13	CME PARA LAS ECUACIONES PONDERADAS CON EL FACTOR $1/DAP^2H$	47
CUADRO 14	CME PARA LAS ECUACIONES PONDERADAS CON EL FACTOR $1/DAP^4H^2$	49
CUADRO 15	ÍNDICE DE FURNIVAL PARA LAS MEJORES ECUACIONES POR GRUPO.....	51
CUADRO 16	FACTOR DE FORMA DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS	53
CUADRO 17	FACTOR DE FORMA DE LAS ESPECIES COMERCIALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	54
CUADRO 18	FACTOR DE FORMA POR CLASE DIAMÉTRICA.....	54

Lista de figuras

Página

FIGURA 1	MEDICIÓN DE LA ALTURA.....	19
FIGURA 2	MEDICIÓN DEL DIÁMETRO A DIFERENTES ALTURAS (FUENTE: BARRENA <i>ET AL</i> (2006)).....	20
FIGURA 3	APLICACIÓN DE LA FÓRMULA DE SMALIAN.....	21
FIGURA 4	RELACIÓN ENTRE LOS COCIENTES Q Y LOS ÍNDICES K DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS.....	38
FIGURA 5	RELACIÓN ENTRE LOS COCIENTES Q Y Z DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS.....	38
FIGURA 6	RELACIÓN ENTRE LOS COCIENTES Z Y LOS ÍNDICES K DE LOS INDIVIDUOS ANALIZADOS.....	39
FIGURA 7	ANÁLISIS DE RESIDUOS PARA LA ECUACIÓN ORIGINAL 13.....	42
FIGURA 8	ANÁLISIS DE RESIDUOS PARA LA ECUACIÓN $20Q$	42
FIGURA 9	ANÁLISIS DE RESIDUOS PARA LA ECUACIÓN $19K$	43
FIGURA 10	ANÁLISIS DE RESIDUOS PARA LA ECUACIÓN $13Z$	43

1. INTRODUCCIÓN

El Perú posee un enorme potencial forestal: cuenta con 87,2 millones de hectáreas de bosques, de las cuales han sido declaradas como bosques de producción permanente 28 millones, de acuerdo a la nueva Ley Forestal y de Fauna Silvestre (Ley N° 27308).

Esta ley, promulgada en el año 2000 y reglamentada en el 2001, exige, entre otros requisitos, un inventario forestal, para tener conocimientos del stock maderable y poder buscar inversión privada para el aprovechamiento del bosque.

Estos inventarios, por el personal, y el tiempo que requieren, en áreas muchas veces alejadas, pueden resultar muy costosos, por lo que se necesita de alguna forma optimizar el proceso del mismo.

Los trabajos de medición forestal deben brindarnos datos confiables del bosque para poder tomar decisiones administrativas. La calidad de un inventario determinara la eficiencia de los otros eslabones de la cadena productiva.

Una herramienta que puede ser usada en el inventario de los bosques es una ecuación de volumen que ayude a estimar el volumen de un árbol mediante la medición de una parte accesible del mismo.

Hoy en día, en el país se suele usar un factor de forma de 0,65 (INRENA, 2001) para calcular el volumen de un individuo arbóreo, el cual hace que los datos obtenidos puedan ser erróneos, ya que la forma es diferente en todas las especies. Además, el usar el mismo factor de forma en todos los bosques del país, por la variabilidad que existe entre las calidades de sitio de las diferentes áreas forestales, puede ser perjudicial en la toma de decisiones.

En nuestros tiempos, las ecuaciones de volumen se han convertido en una herramienta de mucha importancia para los profesionales forestales. Tal es el caso de Brasil, en donde la nueva ley forestal obliga a las personas que desean manejar sus bosques, a desarrollar ecuaciones de volumen para el cálculo de los stocks maderables que poseen (Silva *et al.*, 2006).

El presente estudio tiene como objetivo general contribuir al Manejo Forestal, mejorando el cálculo de la volumetría de especies forestales comerciales en los bosques de la Amazonía Peruana.

Asimismo, los objetivos específicos del presente trabajo de investigación son:

- Elaborar, evaluar y seleccionar la ecuación más confiable para la estimación del volumen del stock maderable comercial en el bosque húmedo de Terrazas Altas del Codo del Pozuzo.
- Hacer un estudio del factor de forma de las especies forestales comerciales más abundantes del bosque húmedo de Terrazas Altas del Codo del Pozuzo.

2. **REVISIÓN DE LITERATURA**

2.1 **VOLUMETRÍA Y FORMA DE LOS ÁRBOLES**

La determinación del volumen de un objeto implica la medida de tres dimensiones. Los tratados de dendrometría, asimilan generalmente la forma de los árboles a cuatro sólidos de revolución: El cilindro, el paraboloides apolínico, el cono y el neloide. Pero son pocos los árboles que poseen la forma semejante a los sólidos geométricos mencionados, lo cual ocurre con mas frecuencia en especies tropicales que en especies coníferas de zonas templadas (Malleux y Montenegro, 1971).

La estimación del volumen del árbol individual es un problema relevante en dendrometría e inventarios forestales (Chechi *et al.*, 2005).

En general, el contenido volumétrico se considera en función de las variables diámetro a la altura del pecho, altura total o altura del fuste hasta su bifurcación y alguna expresión de la forma del fuste (Prodán, *et al.*, 1997).

La metodología usual para lograr estimaciones de volumen comercial se ha caracterizado por la obtención de ecuaciones de volumen para cada diámetro superior límite en función del diámetro a 1,30 m y la altura total (Pecé de Ríos, 1994).

El volumen de árboles completos puede obtenerse calculando el volumen de cortas secciones del mismo y sumando sus resultados (Bruce y Schumacher, 1965).

Según FAO (1981), la estimación directa de volúmenes individuales de árboles puede hacerse:

- a. Con fórmulas geométricas para volúmenes de sólidos simples y gráficos.
- b. Con relaciones cuantitativas entre los parámetros medidos y los volúmenes, como son ecuaciones establecidas por análisis de regresión.

La forma está estrechamente ligada con los dos grandes grupos de árboles: los que tienen un tronco principal recto e identificado hasta el final, como las coníferas, y los que poseen un tronco que se ramifica y se pierde en diferentes direcciones, como en el caso de las latifoliadas (Malleux y Montenegro, 1971).

La forma del árbol sirve principalmente para el cálculo de su volumen geométrico. La forma se debe a la disminución del diámetro con el aumento de la altura, a lo que se denomina ahusamiento, y para valorarlo se busca la relación del volumen del árbol con el volumen de algún sólido geométrico, o la relación existente entre dos diámetros del mismo fuste. Estos factores de forma deben conocerse para utilizarse apropiadamente (Loján, 1965).

Ojeda (1982), menciona que el cálculo del factor de forma es de vital importancia para un adecuado procesamiento de datos de un inventario forestal.

El diámetro de referencia y la altura total no son suficientes para describir completamente la forma de un árbol. Cada volumen que pueda considerarse en un árbol tiene su correspondiente factor de forma o factor mórfico. El más común es el que se refiere al volumen total del tallo, pero también puede ser considerado el factor mórfico correspondiente al volumen del tallo hasta una sección transversal dada (Cailliez, 1980).

Barrena (1990), indica que los cambios en la forma de los árboles están en función del sitio, la densidad del rodal, la herencia, la base del fuste y la posición sociológica del individuo. Además, las intervenciones silviculturales de poda y raleo pueden cambiar la forma del individuo.

En la actualidad, se prefiere usar el nombre de modelos fustales a las funciones de ahusamiento, ya que la función describe tanto a la forma geométrica de árbol como el ahusamiento o abombamiento (Prodán, *et al.*, 1997).

Los modelos fustales permiten al usuario estimar tres características básicas de los árboles (Prodán, *et al.*, 1997):

1. Diámetros en cualquier punto del fuste

2. Altura del fuste en que se encuentra un diámetro especificado.
3. Volumen entre dos puntos cualesquiera del fuste, o volumen hasta cualquier índice de utilización.

2.2 ECUACIONES Y TABLAS DE VOLUMEN

Un sistema muy flexible de estimación de volúmenes es obtenido desarrollando modelos matemáticos que reflejan la relación entre diámetros y alturas (Philip, 1994).

Es mejor usar la expresión "Ecuaciones de volumen" que la más común "Tablas de volumen", para indicar que solo ecuaciones (o fórmulas) dan el volumen de un árbol como una función de las características (comúnmente diámetros y alturas) y derivadas de regresiones estadísticas (FAO, 1981).

Las ecuaciones y tablas de volumen son herramientas de vital importancia para el profesional forestal, porque le permiten agilizar el proceso de la toma de decisiones, ya que facilitan el procesamiento y sistematización de la información colectada, reduciendo el tiempo necesario para su análisis y la obtención de los resultados (Gómez y Mora, 2003).

Mucho trabajo se ha concentrado en la búsqueda de una fórmula de estimación de volúmenes a base del diámetro y la altura principalmente, que permita cubicar los árboles con mínimo error. Esto se ha conseguido estudiando las relaciones que guardan entre si las diferentes variables que se miden en un árbol. Actualmente existen varias fórmulas de estimación para el volumen de los árboles, pero no se puede adoptar ninguna para un bosque sin un estudio previo de la exactitud o proximidad que hay entre los datos reales y los datos obtenidos con la fórmula, esto implica que se busque una fórmula para cada bosque. Para los bosques tropicales existen pocas tablas conocidas y estas han sido elaboradas con diferentes métodos (Loján, 1966).

Estas tablas de estimación de volumen se construyen con el fin de cubicar rápidamente los árboles a base de las medidas que se toman en el campo; puede ser el diámetro solamente, diámetro y altura, o diámetro, altura y un factor de forma (Loján, 1965).

La necesidad de disponer de ecuaciones que permitan la estimación de valores precisos de las existencias de una masa forestal es vital en manejo forestal. Si a esto se une el creciente interés por la planificación de la gestión de las masas forestales y por su ordenación, en definitiva, aumenta la importancia de contar con modelos de estimación de volumen (Salas *et al.*, 2005).

La ventaja del uso de las ecuaciones de volumen es evidente, porque permite a partir de mediciones detalladas en un número limitado de árboles juiciosamente seleccionados dentro de la superficie forestal, la estimación objetiva del volumen de un número de árboles mucho más grande en y finalmente la estimación de los volúmenes totales y medios dentro de la superficie inventariada (FAO, 1981).

El procedimiento para la elaboración de una tabla o ecuación de volumen es por el sistema de regresión lineal o curvilínea (método de los Cuadrados Mínimos), aunque mayormente es la regresión curvilínea la que más se ajusta a la relación de los parámetros medidos (Malleux y Montenegro, 1971).

Según FAO (1981), las ecuaciones de volumen pueden ser agrupadas en tres grupos: tablas locales de volumen, ecuaciones estándar de volumen y otras ecuaciones más elaboradas desarrolladas para bosques nacionales.

Por su parte Malleux y Montenegro (1971), indican dos grupos de tablas de volumen, según el tipo de ecuación que se emplea para su construcción: tablas locales de volumen o de una entrada, las cuales se aplican con regresión lineal simple, y tablas estándar de volumen o de dos entradas, las que generalmente se basan en la relación existente entre *dap*, altura y volumen, las cuales se expresan como fórmulas de regresión lineal múltiple.

Las tablas de volumen, por tener la posibilidad de doble entrada en su lectura, pueden incluir varios grupos de árboles similares, sin cometer un error significativo (Ojeda, 1982).

Según Phillip (1994), el trabajo de construcción de una tabla (o ecuación) de volumen consiste en:

- 1º. Medición de los volúmenes individuales de los árboles seleccionados que constituyen una muestra representativa de la población.
- 2º. Establecimiento de las relaciones entre las mediciones tomadas sobre los árboles y sus volúmenes.
- 3º. Elección del mejor modelo y verificación de la precisión de la tabla de volumen elaborada.

Con motivo de la construcción de las ecuaciones de volumen definitivas, se deben buscar los modelos mas apropiados para la gran variabilidad de nuestros árboles y, por sobre todo, buscar introducir en los modelos variables relacionados con la forma (Gaillard de Benítez, 1994).

Cailliez (1980), señala que el volumen total de un rodal, hasta la cima de los árboles o hasta algún limite diamétrico pequeño, como por ejemplo 10 cm, puede predecirse con precisión por medio de una ecuación que contenga como variables el área basal y la altura dominante.

El mismo autor señala que para estimar el volumen de un rodal con una ecuación de volumen se deben seguir los siguientes pasos:

- 1º. Tomar una muestra de n árboles del rodal y medir directamente el volumen de cada uno. Establecer la ecuación de volumen.
- 2º. Medir las variables de los árboles que no fueron tomados en cuenta para el establecimiento de la ecuación de volumen.
- 3º. Estimar el volumen del rodal.

El tamaño de muestra debe ser de 50 a 100 árboles para ecuaciones de una entrada; y de 80 a 150 árboles para ecuaciones de dos o más entradas. Hay que tomar en cuenta la homogeneidad del área de estudio.

Por su parte Loetsch *et al.* (1973) realizó una recopilación de los modelos de ecuaciones de volumen mas usadas con sus respectivos autores, la cual puede ser observada en el Cuadro 1.

Los métodos utilizados para estimar el volumen por ecuaciones de volumen son métodos estadísticos, principalmente métodos de los Mínimos Cuadrados. Pero también algunos métodos de "Análisis Multivariante" no Paramétrico y clasificación automática, los cuales consisten puramente en comparaciones matemáticas, y son usados para asistir a la ecuación. El Análisis de Regresión, por el contrario, sirve para la aplicación directa de la ecuación a los árboles (FAO, 1981).

2.3 ANÁLISIS DE REGRESIÓN POR EL MÉTODO DE LOS MÍNIMOS CUADRADOS

El análisis de regresión es hoy en día el método mas utilizado para desarrollar ecuaciones de volumen, pues el inconveniente de los cálculos ha disminuido con el desarrollo de las computadoras. Este método está basado en el Método de Los Mínimos Cuadrados (Cailliez, 1980).

Para que este método sea correcto debe cumplirse con la hipótesis de los Mínimos Cuadrados, que puede resumirse de la siguiente manera (Barrena, 1988; Philip, 1983):

- 1°. Que la muestra sea obtenida al azar
- 2°. Que la distribución sea normal
- 3°. Que la variancia sea homogénea

Cuadro 1 Modelos de ecuaciones de volumen más usadas (Loetsch *et al.*, 1973)

VARIABLES INDEPENDIENTES	AUTOR	MODELO
<i>d</i>	Kopezky-Gehrhardt Dissescu-Meyer Hohenadl-Krenn Berhout Husch 1963 Brenac	$V=b_0+b_1d^2$ $V=b_0d+b_1d^2$ $V=b_0+b_1d+b_2d^2$ $V=b_0+d^b$ $\log V=b_0+b_1\log d$ $\log V=b_0+b_1\log d+b_2(1/d)$
<i>d, h</i>	Spurr, 1951 Spurr, 1952 Ogaya Stoate Naslund Meyer (Comprensiva) Meyer (Modificada) Takata Shumacher-Hall Variable Logarítmica Modificada Instituto de Investigaciones Forestales (Alemania)	$V=b_1d2h$ $V=b_0+b_1d^2h$ $V=d^2(b_0+b_1h)$ $V=b_0+b_1d^2+b_2d^2h+b_3h$ $V=b_1d^2+b_2d^2h+b_3dh^2+b_4h^2$ $V=b_0+b_1d+b_2d^2+b_3dh+b_4d^2h+b_5h$ $V=b_0+b_1d+b_2d^2+b_3dh+b_4d^2h$ $V=d^2h/(b_0+b_1d)$ $\log V=b_0+b_1\log d+b_2\log h$ $\log V=b_0+b_1\log(d^2h)$ $\log V=b_0+b_1\log d+b_2\log^2 d+b_3\log h+b_4\log^2 h$
<i>d, h, hc, y/o B</i>	Spruce Pine Birch	$V=b_1d^2+b_2d^2h+b_3dh^2+b_4h^2+b_5d^2hc$ $V=b_1d^2+b_2d^2h+b_3dh^2+b_4d^2hc+b_5dhB$ $V=b_1d^2+b_2d^2h+b_3dh^2+b_4h^2+b_5dhB$
<i>d, h y qi ó di ó d_{0,3}h</i>	Spurr Shshort-CUT Var. Combinada Schiffel Ogaya Pollanschutz Spurr Diamétrica Spurr Logarítmica	$V=b_0+b_1q_i d^2h$ $V=b_0+b_1q_i+b_2d^2h+b_3q_i d^2h$ $V=d^2h(b_0+b_1q+b_2(1/qh))$ $V=b_0+b_1d_{0,3}hdh$ $V=\pi/4(b_0d^2h+b_1dd_{0,3}h+b_2h^2)$ $\log V=b_0+b_1\log d+b_2\log h+b_3\log d_i$ $\log V=b_0+b_1\log(d_i dh)$

Donde:

V = Volumen Cúbico

q = Cociente de Forma

d = Diámetro sin corteza

dl = Diámetro sobre el nivel del suelo

hc = Altura de copa

g = Área basal a la altura del pecho

B = Doble grosor de corteza

h = Altura de fuste

d_{0,3h} = Diámetros a un tercio del fuste

Mackay (1964), indica que el fundamento principal del método de los Mínimos Cuadrados está en la distribución de los errores y en las distribuciones elementales de la probabilidad compuesta, obteniendo de esta manera los mejores ajustes cuando el tipo de curva o función se ha elegido con acierto.

En la elección del modelo de regresión, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos (Cailliez, 1980):

- La simplicidad del modelo, esto es que tenga el menor número de coeficientes.
- Decidir si la regresión debe ser ponderada o no ponderada. La regresión debe ser ponderada cuando la varianza del volumen depende de las variables explicativas.

El mismo autor señala que no se puede juzgar un Análisis de Regresión por el valor numérico del coeficiente de correlación múltiple R , ya que el ajuste puede ser malo y el valor de R elevado, o por el contrario el valor de R bajo y el ajuste sea bueno. La forma correcta de evaluar la calidad de un Análisis de Regresión es mediante el Cuadrado Medio del Error, el cual es la variancia de los residuos. Otra forma es el Análisis de Residuos, que consiste en graficar los residuos de los volúmenes calculados con las ecuaciones obtenidas versus los volúmenes calculados. Es en este punto en donde el usuario decide la ponderación de la ecuación de regresión obtenida.

2.4 ANÁLISIS DE REGRESIÓN PONDERADA

La regresión debe ser ajustada con ponderaciones cuando la variancia del volumen depende de las variables explicativas (Cailliez, 1980).

Las ecuaciones de volumen para masas forestales generalmente se obtienen a partir de un análisis de regresión basado en el método de los Mínimos Cuadrados, pero las poblaciones de árboles mayormente violan las hipótesis de este método; lo cual se soluciona transformando las variables o ponderando la ecuación de regresión (Barrena, 1988).

Por su parte Cunia (1979), menciona que en los últimos tiempos se está utilizando más las tablas de función logarítmica que las regresiones lineales, ya que las principales asunciones para una regresión son: Muestras estadísticamente independientes y homogeneidad condicional de variancias; pero la biomasa normalmente no cumple con esta última condición.

El mismo autor señala que para corregir esta heterogeneidad de varianzas se puede o bien transformar las variables o ponderar la ecuación de regresión.

Pecé *et al.* (1997), señala que cuando se posee un amplio rango de diámetros, el empleo del método de los Mínimos Cuadrados no es el adecuado, por lo que se debe recurrir a transformaciones logarítmicas o de ponderación. Se ha comprobado que este último método produce un mayor acercamiento de la curva a los puntos de los árboles pequeños y medianos.

El factor de ponderación a usarse con este método debe ser inversamente proporcional a las varianzas de los valores por predecir. Por lo tanto, el factor de ponderación en la estimación de volúmenes de árboles debe ser proporcional a la inversa del *dap* al cuadrado por la altura (Barrena, 1988; Cunia, 1964; Cailliez, 1980).

La Regresión por el método de los Mínimos Cuadrados Ponderados es recomendada cuando se requiere elaborar ecuaciones de volumen obteniendo, además de un buen ajuste, las inferencias estadísticas de la ecuación (Barrena, 1988).

2.5 ÍNDICE DE FURNIVAL

El índice de Furnival permite comparar las ecuaciones de volumen teniendo la ventaja de reflejar la dimensión de los residuales y, además, las infracciones contra las condiciones de los Mínimos Cuadrados: linealidad, normalidad y homocedasticidad (Furnival, 1961).

Cuando la variable dependiente es alguna función del volumen, este índice puede ser considerado como un error estándar promedio transformado a unidades de volumen. En consecuencia, la ecuación que presente el menor índice de Furnival, será la más apropiada (Barrena *et al.*, 1986; Philip, 1994).

La fórmula del índice de Furnival es la siguiente.

$$IF = [f'(v)]^{-1} \sqrt{S}$$

Donde:

IF = Índice de Furnival

$f'(v)$ = Derivada de la variable

$[f'(v)]$ = Media geométrica de esta derivada

S = Cuadrado medio del error.

2.6 OTROS ESTUDIOS SIMILARES

Es importante resaltar que si bien existen muchos estudios de ecuaciones de volumen en plantaciones en el Perú y Latinoamérica, para bosques naturales son muy pocos los estudios realizados. Entre los mas importantes podemos resaltar los estudios realizados por Barrena *et al.* (1986), en donde el autor muestra la ecuación de volumen correspondiente para la Unidad Modelo de Manejo y Producción Dantas. Se detalla en la metodología que se evaluaron 423

árboles de cualquier especie, siendo el modelo de ecuación que mejor estima el volumen maderable:

$$\log V = b_0 + b_1 \log dap + b_2 \log h$$

Moret y Ruiz (1998), establecieron en Venezuela una ecuación de volumen para la especie *Erismia uncinatum* en estado natural, tomando una muestra de 47 individuos; y basándose en las teorías de Herencia de Genes y Calidad de Sitio para la forma de los árboles, encontrando que la mejor ecuación para el volumen individual de los árboles fue:

$$\ln V_{cc} = 2,038195 \ln dap + 0,798229 \ln h$$

Malleux y Dance (1976), realizaron un inventario forestal exploratorio en Pucallpa; relacionando los datos de Altura Comercial con *dap* mediante un análisis de regresión, encontrando que mayormente las relaciones corresponden a ecuaciones de la forma cuadrática.

Ojeda (1977), realizó un estudio en la zona de Inambari, y para hallar el volumen comercial de los árboles evaluados realizó una regresión lineal entre los *dap* y la altura comercial de una muestra representativa de árboles de varias especies, para luego encontrar el volumen individual de los individuos con una fórmula de volumen simple, la cual incluye un factor mórfico por especie.

En otro estudio, Ojeda y Terrazas (1987) desarrollaron una ecuación de volumen para la microregión 1 de Tahuamanu, siendo esta ecuación parte de la investigación desarrollada por los autores para el cálculo del volumen a partir de fotografías aéreas. En esta investigación se midieron parcelas de 0,5 ha muestreando todos los individuos mayores a 30 cm de *dap* en cada una de ellas. La ecuación hallada fue:

$$V = -1.54 + 6.65dap - 0.97dap^2 + 0.32dap^2h$$

Entre otros estudios mencionados en la literatura encontrada se tiene: González (1958), diseñó tablas de cubicación para árboles en pie del bosque pluvial submontano andino; Silva (1968), elaboró tablas de volumen para árboles en pie y comerciales de los bosques tropófilos de los

Llanos Occidentales; Veillón (1972) presentó en un folleto una serie de tablas útiles para la cubicación de rolas y tablas de volumen para árboles en pie (Moret y Ruiz, 1998).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

El lugar de estudio pertenece a la empresa MATROSAC, la cual está ubicada en el distrito del Codo del Pozuzo, provincia de Puerto Inca, departamento de Huanuco. La mencionada empresa cuenta con 232 ha de bosque primario a 14 km del pueblo de Codo del Pozuzo (López *et al.*, 2006).

El distrito de Codo del Pozuzo ocupa el espacio Central – Oriental del Departamento de Huanuco y el extremo Sur – Oeste con respecto a la provincia de Puerto Inca. La ubicación geográfica se encuentra entre las coordenadas Lat 9° 40' S Long 75° 30' W, Lat 9° 30' S Long 75° 20' W, Lat 9° 46' S Long 75° 00' W y; Lat 9° 22' S Long 75° 10' W. (REFOLASA, 2006)

El distrito del Codo del Pozuzo tiene una superficie de 332 839 ha. La mayor extensión territorial se sitúa en zona de selva alta entre los 500 m s.n.m y 1 500 m s.n.m. Muestra un relieve de extensa llanura con ligeras ondulaciones y con suave declive a lo largo del valle. En su parte alta presenta fuertes pendientes y quebradas estrechas.

En zonas de llanura entre los 500 m s.n.m. y los 1 200 m s.n.m., las características corresponden a un clima muy húmedo y semicálido con temperatura promedio anual de 23 °C y precipitaciones de 2 500 mm, mientras que en zonas altas, entre los 1 200 a los 2 300 m s.n.m, las características de esta zona corresponden a un clima muy húmedo tendiente a pluvial y semicálido sin estación seca definida (PRODAPP, 2007).

La población registrada en el distrito del Codo del Pozuzo es de 6152 habitantes, distribuidos en 49 caseríos o centros poblados y 5 comunidades nativas aledañas (INEI, 2000).

El acceso al Codo del Pozuzo desde Lima se puede realizar siguiendo la Carretera Central hasta la Oroya, para luego seguir el desvío hasta Oxapampa y Pozuzo, pasando por Tarma, San Ramón y La Merced. Una vez en Pozuzo es necesario tomar una avioneta, la cual demora 20 minutos hasta aterrizar en el aeropuerto del Codo del Pozuzo. También es posible llegar

navegando por el Río Pozuzo desde Puerto Mayro, al cual se llega por la carretera que une las localidades de Villa Rica, San Juan de Cacazú e Izcosazín. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2005).

INRENA (1994), indica en el Mapa Ecológico del Perú, que el distrito del Codo del Pozuzo se encuentra en un bosque muy húmedo Pre Montano Tropical, como transición al bosque Húmedo Tropical.

Según el mapa Forestal del Perú (INRENA, 1995) el bosque en el cual se realizó el estudio está clasificado como un bosque húmedo de Terrazas Altas. Este tipo de bosque comprende terrazas planas, onduladas y disectadas, de origen aluvial muy antiguo y tectónico. Este bosque es considerado en equilibrio dinámico, con presencia de estratos definidos en su estructura vertical y una estructura poblacional estable; asimismo es típica la presencia de árboles dominantes.

ONERN (1981) indica que la capacidad de uso mayor de la tierra en el Codo del Pozuzo es: tierras con vocación para cultivos en limpio, tierras para cultivos permanentes, pastos y tierras forestales.

Por su parte, PRODAPP (2007) menciona que la actividad principal del Codo del Pozuzo es la ganadería.

Según el Informe Técnico del Censo Forestal del Fundo MATROSAC del Codo del Pozuzo (López *et al.*, 2006), el bosque en el que se realizó el estudio cuenta con 1545 árboles de especies comerciales con más de 30 cm de *dap*.

3.2 MATERIALES

3.2.1 TRABAJO DE GABINETE

Se utilizó material de escritorio, una computadora personal, y los programas Microsoft Excel, Microsoft Word y MINITAB para la redacción y el procesamiento de datos.

3.2.2 TRABAJO DE CAMPO

Libreta de Campo

Brújula Suunto

Cinta Métrica

Machetes

Lápices

Relascopeo de Bitterlich

Forcípula de madera

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 ELABORACIÓN DE LAS ECUACIONES DE VOLUMEN

Se siguió la metodología recomendada por Barrena (1989) y Phillip (1986) para la construcción de Ecuaciones de Volumen.

A) SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES Y MEDICIÓN DE LOS VOLÚMENES INDIVIDUALES

a) Selección de árboles a medir

La selección de individuos a tomar en cuenta para el presente estudio se hizo en base al censo realizado por López *et al.* (2006).

Se seleccionó un total de 100 árboles para realizar este estudio, teniendo en cuenta que sea una muestra representativa de la población, para lo cual se siguieron dos criterios: las especies comerciales con mas de 1% de abundancia entre las especies comerciales totales y la distribución diamétrica de todos los individuos comerciales con mas de 30 cm de *dap*. Además se tomó en cuenta que las especies escogidas estén en concordancia con los objetivos de la empresa.

b) Recolección de Datos

Con una forcípula se midieron dos diámetros a 1,3 m, uno el mayor y el otro el menor lo que dio como resultado el *dap* del individuo arbóreo analizado.

Luego se midió la altura con un hipsómetro Suunto o en su defecto con un Relascopio de Bitterlich. La altura considerada para el presente estudio fue la altura de fuste comercial, siguiendo los intereses de la empresa. Esta fue considerada hasta que el fuste perdió su cilindricidad por algún defecto principal o hasta el punto de copa del árbol. En la Figura 1 se puede observar la los principios trigonométricos de los instrumentos utilizados.

Finalmente, con un relascopio de Bitterlich se midieron los diámetros a diferentes alturas de cada individuo analizado, en dos perfiles perpendiculares entre sí. Los diámetros que se tuvieron en cuenta fueron: a 30 cm del nivel del suelo y luego cada 2 metros en el caso de que el individuo sea mayor a 12 metros o cada 1 metro si el individuo fue menor a 12 metros, siguiendo la metodología utilizada por Barrena *et al.* (2006). En la Figura 2 se puede apreciar como se midió con el relascopio de Bitterlich.

c) Cálculo de Volúmenes Individuales

Según las mediciones, cada fuste fue dividido en una cantidad determinada de secciones, dependiendo su altura. Se utilizó la fórmula de Smalian para calcular el volumen de cada sección de los árboles elegidos:

$$V = \frac{(A + a)}{2} \times h$$

Donde:

A: Área Mayor ($A = \frac{D^2}{4} \times \pi$)

a: Área Menor ($a = \frac{d^2}{4} \times \pi$)

D: Diámetro mayor

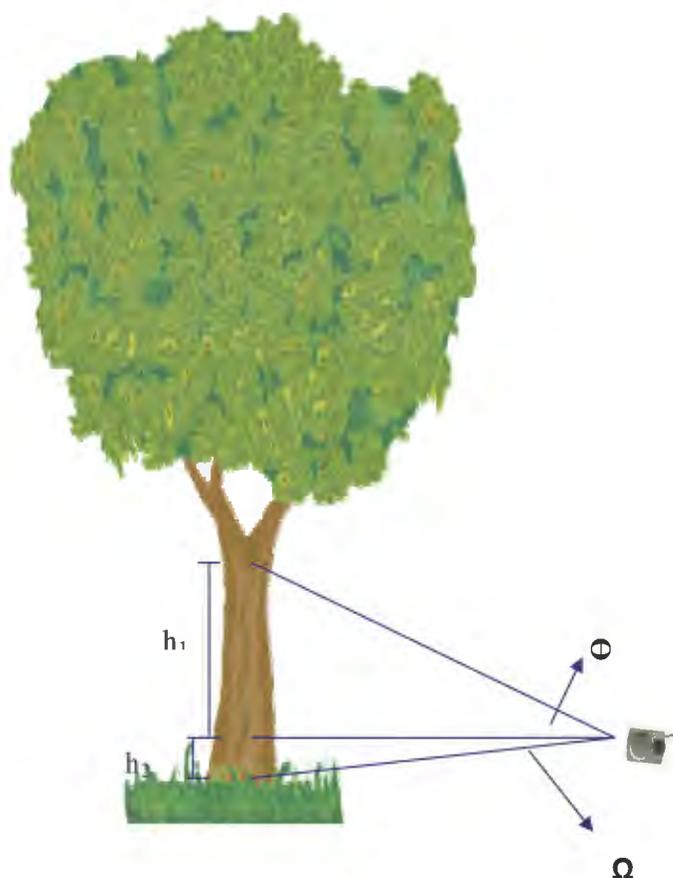
d: Diámetro menor

h: Altura

V: Volumen

Los volúmenes de cada sección fueron sumados para hallar el volumen total de cada individuo. En la Figura 3 se observa la aplicación de la formula de Smalian para la obtención del volumen individual de cada sección del fuste medido.

Figura 1 Medición de la Altura



Donde:

$$h_{total} = h_1 + h_2$$

$$h_1 = d \times \text{tg } \theta$$

$$h_2 = d \times \text{tg } \Omega$$

Figura 2 Medición del Diámetro a Diferentes Alturas (Fuente: Barrena *et al* (2006))

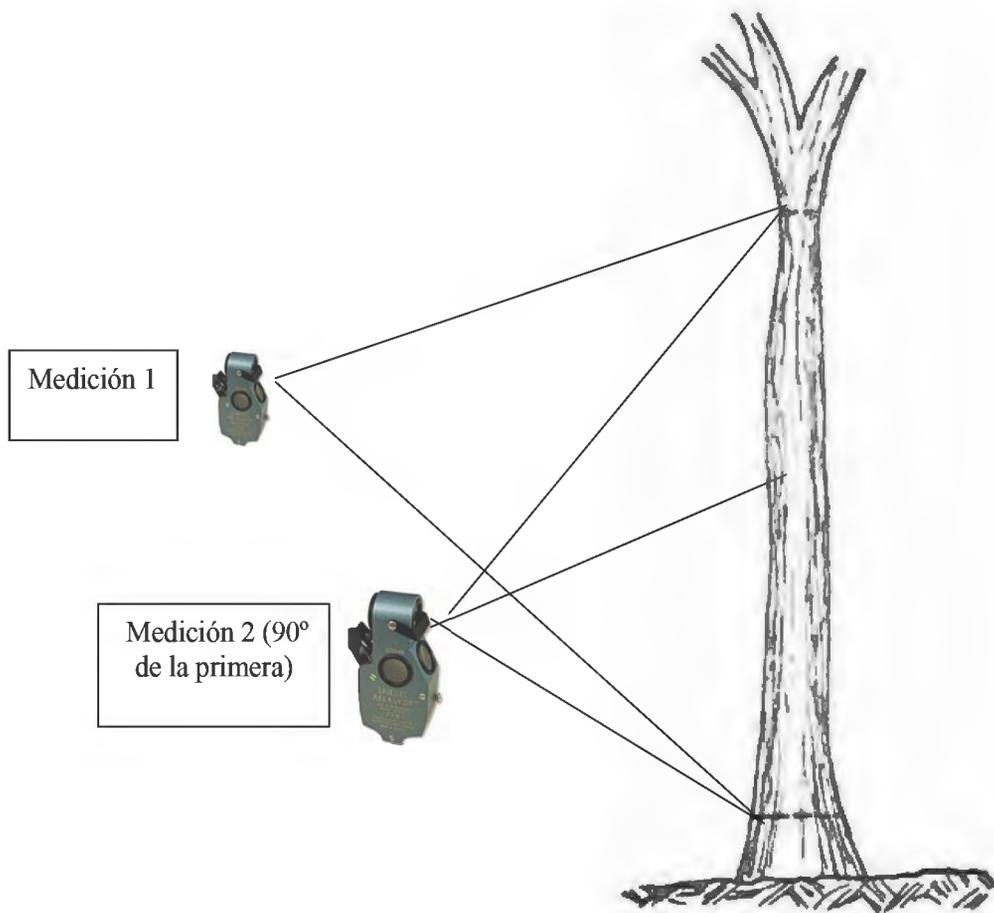
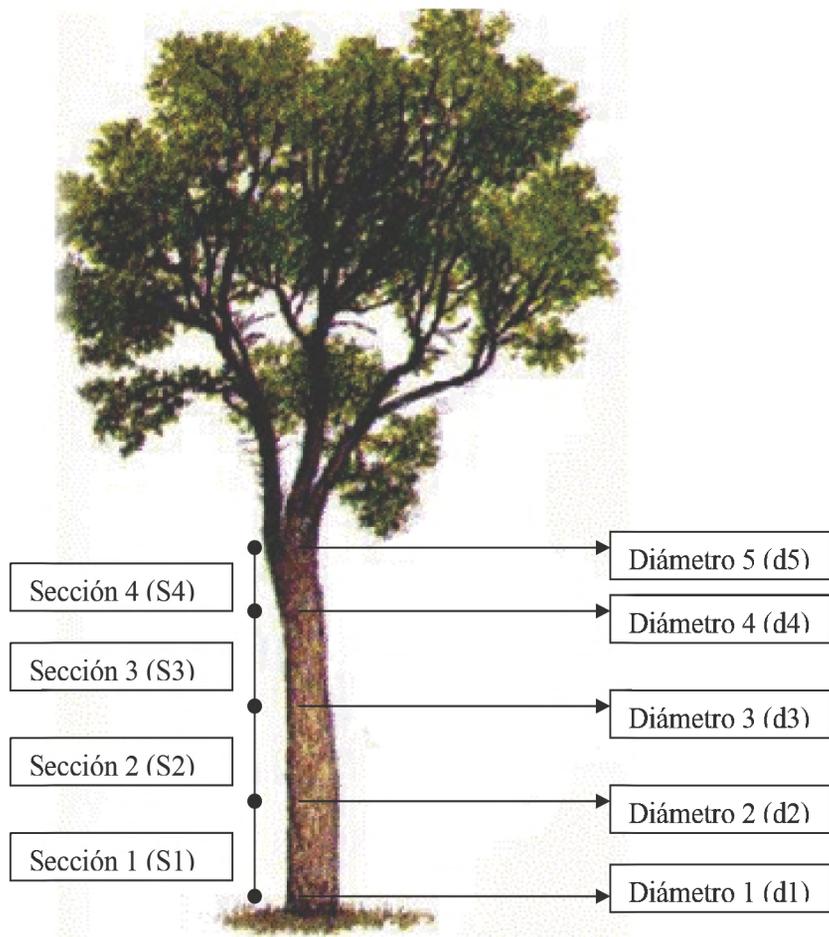


Figura 3 Aplicación de la Fórmula de Smalian



Donde:

$$V_{s1} = \left(\frac{d1 + d2}{4} \right)^2 \times \pi \times h$$

$$V_{\text{Volumen Total del Fuste}} = V_{S1} + V_{S2} + V_{S3} + V_{S4}$$

B) ESTABLECIMIENTO DE LAS RELACIONES ENTRE LAS MEDICIONES TOMADAS SOBRE LOS ÁRBOLES Y SUS VOLÚMENES

a) Cálculos de Cocientes e Índice de Forma

Se utilizaron dos cocientes de forma (q y z) y un índice de forma (k). Estos fueron calculados de acuerdo a sus respectivas formulas*:

$$q = \text{diámetro a la mitad del fuste} / dap$$

$$k = \text{altura (h)} / dap$$

$$z = \text{diámetro en el punto de copa} / dap$$

* Todos los datos están en metros

b) Selección de los Modelos de Ecuaciones de Volumen

Se consultó bibliografía para la selección de los modelos de ecuaciones. Se seleccionó un primer grupo de 24 modelos de ecuaciones originales, los cuales se muestran en el Cuadro 2.

A estas ecuaciones originales se les agregó los cocientes de forma q y z y el índice de forma k , produciendo tres grupos más de modelos, de la siguiente manera:

$$V = b_0 + b_1dap + b_3h \dots \dots \dots \text{modelo original}$$

$$V = b_0 + b_1dap + b_3h + b_4q \dots \dots \dots \text{modelo original} + q$$

$$V = b_0 + b_1dap + b_3h + b_4k \dots \dots \dots \text{modelo original} + k$$

$$V = b_0 + b_1dap + b_3h + b_4z \dots \dots \dots \text{modelo original} + z$$

Donde:

V : Volumen

q, z : Cocientes de forma

dap : Diámetro a 1,3 m

k : Índice de Forma

h : Altura

Cuadro 2 Modelos de Ecuaciones Originales Seleccionados

Numero	Modelos Originales
1	$V = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h$
2	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h$
3	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h$
4	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2$
5	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h$
6	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h$
7	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h$
8	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h$
9	$V = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h$
10	$V = b_0 + b_1 h + b_2 daph$
11	$V = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h$
12	$V = b_0 + b_1 daph$
13	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph$
14	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h$
15	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h$
16	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h$
17	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h$
18	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h$
19	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h$
20	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h$
21	$V = b_0 + b_1 dap^2 h$
22	$V = b_0 + b_1 dap^2$
23	$V = b_0 + b_1 dap$
24	$V = b_0 + b_1 h$

Por razones prácticas, los modelos que contienen cociente o índice de forma fueron codificados con el número del modelo y la letra a la que pertenece el índice de forma. Así por ejemplo, el modelo número 1 que contiene un índice de forma q se le codificó como $1q$; al modelo 2 se le codificó como $2q$, y así sucesivamente.

Entonces, el primer grupo lo conformaron las ecuaciones originales, sin ninguna modificación, el segundo grupo las ecuaciones originales a las que se agregó el cociente de forma q , el tercero los modelos originales más el índice de forma k ; y el cuarto los modelos originales más el cociente de forma z . Estos modelos pueden ser observados en los Anexos 1 al 3.

c) Análisis de Residuos

El análisis de residuos es la forma correcta de evaluar un Análisis de Regresión, y es en este punto donde se decide si se debe ponderar o no los modelos.

Para juzgar la calidad de los Análisis de Regresión, se procedió siguiendo los pasos recomendados por FAO (1980), que consisten en calcular y graficar los residuales, versus el volumen estimado por la ecuación, para luego analizar la distribución de los mismas.

d) Regresión Ponderada

Se ponderó cada ecuación de cada grupo, siguiendo la metodología realizada por Barrera, (1988). Esta consiste en multiplicar cada variable dependiente, en este caso cada volumen individual, con factores de ponderación para homogenizar la variancia, lo que conlleva a producir otros modelos de ecuaciones. Los factores de ponderación utilizados son: $1/dap^2$ (A), $1/dap^4$ (B), $1/dap^2h$ (C), y $1/dap^4h^2$ (D).

Al agregar estos factores a las ecuaciones sin ponderar, se produjeron 16 nuevos grupos de ecuaciones. Así, el total de grupos de modelos de ecuaciones es de 20, lo que hace un total de 480 modelos de ecuaciones diferentes.

Por razones prácticas, los modelos ponderados fueron codificados con el número del modelo, la letra del cociente o índice de forma, si es que el modelo lo tuviera y la letra a la que pertenece el factor de ponderación. Así, por ejemplo, el modelo 1 que contiene el índice de forma q y ponderado con el factor $1/dap^2h$ (C), se le codificó como $1qC$, al modelo 2 que contiene el mismo índice de forma y ponderado con el mismo factor se le codificó como $2qC$, y así sucesivamente. Mientras que los modelos originales ponderados fueron codificados solo con su respectivo número y la letra correspondiente al factor de ponderación. Por ejemplo, el modelo original 1 ponderado por $1/dap^4$ (B), es llamado para el presente estudio modelo 1B. Estos modelos pueden ser observados en Anexos 4-19.

e) Construcción de las ecuaciones de Volumen.

Los 480 modelos de ecuaciones fueron procesados en el programa estadístico MINITAB, lo que originó 480 ecuaciones.

El programa estadístico MINITAB permite obtener la información completa de la regresión lineal a la que fueron sometidos los datos para poder crear las diferentes ecuaciones a partir de los modelos de ecuación de volumen. Esta información incluye el cuadro del ANVA, de donde se obtiene diferentes inferencias estadísticas, siendo la principal para el presente estudio el *CME*.

C) *ELECCIÓN DE LA MEJOR ECUACIÓN*

Se siguió la metodología usada por Barrena *et al.* (1986) para la selección de la mejor ecuación de volumen. Esta metodología posee dos etapas: La primera consiste en determinar la mejor combinación de variables (la mejor ecuación de regresión) para cada grupo de modelos. Para

ello se emplea el Cuadrado Medio del Error (CME), que estima la varianza de los errores residuales de la regresión. La segunda etapa consiste en comparar los mejores modelos de cada grupo de ecuaciones. Estas, por utilizar variables diferentes, se comparan mediante el índice de Furnival cuya expresión general es la siguiente:

$$IF = [f'(v)]^{-1} \sqrt{S}$$

Donde:

IF = Índice de Furnival

$f'(v)$ = Derivada de la variable

$[f'(v)]$ = Media geométrica de esta derivada

S = Cuadrado medio del error.

Si la ecuación de regresión es ponderada, entonces el índice será:

$$IF = \sqrt{S} \times \text{anti log} \left(\frac{1}{n} \times \sum \log p \right)$$

Siendo ``p`` la inversa del valor de ponderación. La ecuación con menor índice de Furnival será la más apropiada.

3.3.2 CALCULO DEL FACTOR DE FORMA

Se siguió la metodología utilizada por Ojeda (1982), la cual consiste en dividir el volumen real del individuo analizado entre el volumen del cilindro calculado a partir del *dap* y de la altura de cada árbol estudiado.

$$Ff = \text{Vol. del árbol} / \text{Vol. del Cilindro}$$

El análisis de los datos se realizó primero en conjunto, analizando los parámetros estadísticos de todos los individuos, y comparándolos con el Factor de Forma mencionado en los "Lineamientos para elaborar un plan de manejo Forestal" (INRENA, 2003). Luego se analizó

el promedio del Factor de Forma de cada especie, haciendo la misma comparación. Y por último se analizó el Factor de Forma promedio por clase diamétrica, incluyendo a todos los individuos dentro de la misma clase.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ELABORACION DE LAS ECUACIONES DE VOLUMEN

4.1.1 SELECCIÓN DE LOS ÁRBOLES Y MEDICIÓN DE LOS VOLÚMENES INDIVIDUALES

A) SELECCIÓN DE ÁRBOLES

Como se mencionó en la Metodología, la selección de árboles a medir se realizó en base a dos criterios: Abundancia de las especies comerciales y estructura diamétrica de la población. En el Cuadro 3 se observa las especies tomadas en cuenta para este estudio, con su respectiva abundancia respecto a las especies comerciales en la segunda columna, y con el total de individuos incluidos en la muestra por especie en la última columna. Como se observa, en el caso de algunas especies, tales como "Sachavaca", "Marupa" y "Shaire Pacae", hay una diferencia entre la abundancia relativa respecto a las especies comerciales y el total de individuos muestreados de estas especies. Esto es debido a que en varias ocasiones los individuos registrados pertenecían a otras especies o no tenían el diámetro esperado para encajar en una determinada clase diamétrica. Para reemplazar estos árboles se midió otros de especies distintas pero consideradas en este estudio. Así por ejemplo, al haberse incluido 18 árboles de "Sachavaca", cuando correspondía incluir 23, se completó este número midiendo individuos de otras especies que como "Shaire Pacae" excede la cantidad asignada. El Cuadro 4 muestra el total de individuos muestreados por clase diamétrica. En la primera columna se observa la estructura del bosque analizado, según el inventario realizado por López *et al.* (2006). Se observa que en varios casos las frecuencias relativas en algunas clases diamétricas difieren con la cantidad de individuos muestreados por clase; esto podría deberse a que el individuo analizado ha incrementado su diámetro entre el tiempo en que se realizó el inventario y el momento de la toma de datos para este estudio, o en su defecto haber tomado en cuenta diferentes perfiles en la medición del *dap*.

Cuadro 3 Abundancia de las Especies Censadas respecto al total de Especies Comerciales.

Especie	Numero de individuos	Abundancia %	Número de individuos muestreados
Capirona	2	0,13	0
Quillobordón	3	0,19	0
Lupuna	4	0,26	0
Requia	5	0,32	0
Tulpay amarillo	12	0,78	0
Moena	24	1,55	4
Shihuahuaco	26	1,68	3
Tornillo	26	1,68	2
Caimito	27	1,75	3
Cashimbo	31	2,01	2
Huayruro	36	2,33	2
Copaiba	39	2,52	3
Cumala Blanca	41	2,65	4
Palo Hígado	43	2,78	2
Palta	45	2,91	3
Cumala	55	3,56	4
Almendro	71	4,6	6
Cabeza de mono	73	4,72	4
Cumala roja	161	10,42	11
Shaire Pacae	212	13,72	15
Marupa	245	15,86	14
Sachavaca	349	22,59	18
TOTAL	1545	100	100

Cuadro 4 Individuos muestreados por Clase Diamétrica

Clase Diamétrica	Frecuencia %	Numero de individuos muestreados
[30-40[	9,97	8
[40-50[	25,18	22
[50-60[	28,41	31
[60-70[	16,25	16
[70-80[	12,10	13
[80-90[	3,50	7
[90<	4,60	3
TOTAL	100	100

B) RECOLECCIÓN DE DATOS

Con los criterios del punto anterior, se procedió a tomar una muestra de 100 individuos de manera sistemática, encontrando una gran diferencia de diámetros. Así por ejemplo el individuo número 46, perteneciente a la especie "Tornillo", es el individuo con mayor *dap* (92 cm), en contraste con el individuo número 95, el cual pertenece a la especie "Cashimbo" y es el que posee el menor *dap* (34,5 cm). Esta amplitud de diámetros fue tomada en cuenta antes de hacer las mediciones para abarcar todas las clases diamétricas a partir de 30 cm de *dap* (Ver Cuadro 5).

En el caso de la altura de los individuos analizados también existe una considerable amplitud entre la mayor altura y la menor. Así por ejemplo el individuo número 85, de la especie "Cumala Roja", posee una altura de 5,5 m pero un *dap* de 78 cm, siendo ésta la menor encontrada; a diferencia del individuo número 35, que posee una altura de 23,5 m y *dap* de 78 cm, de la especie "Sachavaca". Estas diferencias de alturas y *dap* se pueden atribuir a la calidad de sitio de los individuos. Así por ejemplo, el individuo número 85 ("Cumala Roja") fue encontrado en una área abierta, en donde no tenía ninguna competencia.

Como se mencionó en la Metodología, el instrumento principal utilizado para la medición de los diámetros a diferentes alturas fue el Relascopio de Bitterlich, el cual, es un instrumento de fácil uso, siempre y cuando el usuario esté capacitado. Entre las dificultades encontradas para su uso en el presente estudio están las distancias mínimas requeridas para la medición del árbol, ya que muchas veces se encontró un bosque muy accidentado o muy cerrado; además del tiempo requerido para cada medición, muchas veces superando los 15 minutos, debido a la preparación del terreno antes de la operación. Los datos de todas las mediciones realizadas se aprecian en el Anexo 20.

C) CÁLCULO DE VOLÚMENES INDIVIDUALES

Los volúmenes individuales fueron calculados utilizando la fórmula de Smalian para cada sección del fuste, obteniendo como principal observación una gran diferencia entre el individuo 46, que es el que posee mayor volumen ($9,516 \text{ m}^3$), de la especie "Tornillo" y el individuo número 91, de la especie "Marupa", que posee el menor volumen ($0,496 \text{ m}^3$), lo cual puede ser observado en el Cuadro 6. El volumen total es de $278,86 \text{ m}^3$, teniendo como promedio $2,78 \text{ m}^3$ por individuo analizado.

La especie "Sachavaca" presenta normalmente individuos de volúmenes mayores a 5 m^3 , por lo que se deduce que la calidad de sitio es alta para esta especie ya que también presenta los individuos más altos del bosque y con mayores diámetros.

Por el contrario, se podría afirmar que la calidad de sitio es baja para la especie "Cumala Roja", ya que mayormente se observaron individuos de forma irregular, suprimidos por la competencia de los mismos, o en lugares abiertos pero con poca altura.

4.1.2 ESTABLECIMIENTO DE LAS RELACIONES ENTRE LAS MEDICIONES TOMADAS SOBRE LOS ÁRBOLES Y SUS VOLÚMENES

A) COCIENTES E ÍNDICES DE FORMA

En el cálculo del cociente de forma q , se observó árboles que presentaron características particulares, como por ejemplo el número 56, de la especie "Moena", el mismo que presentó el mayor cociente q ($1,017$) debido que tuvo un abultamiento irregular en la mitad del fuste. Asimismo, el individuo número 95, de la especie "Cashimbo", presenta un cociente q de $1,017$, por las mismas razones mencionadas anteriormente. Por el contrario, la especie "Shaire Pacae" presenta el menor cociente q ($0,608$) para el individuo número 11, lo que demuestra las diferencias de forma existentes entre las especies. (Ver Cuadro 7).

Cuadro 5 Individuos Muestreados

Nº	Especie	h	Dap	Nº	Especie	h	Dap	Nº	Especie	h	Dap	Nº	Especie	h	Dap
1	Cumala roja	13	53	26	Cumala roja	18	53	51	Cabeza de Mono	16,5	54	76	Marupa	17,5	55,5
2	Moena	12	41	27	Shaire pacae	15	60	52	Marupa	15	66	77	Cumala roja	16,5	59
3	Shihuahuaco	16,5	57	28	Sachavaca	17	78	53	Marupa	16	47	78	Sachavaca	17	91
4	Marupa	14,5	50,5	29	Cumala roja	16	84	54	Tornillo	17	61	79	Caimito	13	82
5	Sachavaca	14	71	30	Shihuahuaco	13	57	55	Palta	12,5	36	80	Marupa	13,5	53
6	Shaire pacae	15,5	43	31	Sachavaca	13	60	56	Moena	14	45	81	Sachavaca	16	60,5
7	Cumala blanca	14	52,5	32	Huayruro	13	61	57	Cabeza de Mono	13,5	41	82	Caimito	13	59,5
8	Shaire pacae	14	57,5	33	Shaire pacae	13	46	58	Cumala roja	16	71	83	Almendro	11,5	69
9	Sachavaca	16,5	88	34	Shaire pacae	12	52	59	Almendro	14	60	84	Shaire pacae	8,5	62,5
10	Cumala	16,5	52,5	35	Sachavaca	24	78	60	Cabeza de Mono	12	46	85	Cumala roja	5,5	78
11	Shaire pacae	16	43,125	36	Shaire pacae	13	72	61	Shaire pacae	13,5	75	86	Huayruro	9	64
12	Caimito	13,5	45,625	37	Sachavaca	17	68	62	Shihuahuaco	14	53	87	Cumala	9	33,5
13	Marupa	14,5	72	38	Sachavaca	21	87	63	Palta	12,5	63	88	Copaiba	9,5	40,5
14	Shaire pacae	15,5	56	39	Cumala roja	14	37	64	Shaire pacae	18	44	89	Almendro	8,5	52
15	Cumala blanca	13,5	50	40	Almendro	17	80	65	Cumala roja	13	52	90	Marupa	10,5	39,5
16	Cashimbo	16	63,5	41	Sachavaca	22	68	66	Shaire pacae	15,5	45	91	Shaire pacae	6	51,5
17	Moena	16,5	43	42	Cumala roja	14	68	67	Higado	17	51	92	Marupa	9	48,5
18	Higado	14	70,5	43	Palta	15	55	68	Sachavaca	15,5	37	93	Marupa	7	35
19	Shaire pacae	14	72,5	44	Copaiba	12	44	69	Sachavaca	18,5	91	94	Moena	8,5	47,5
20	Marupa	13,5	47,5	45	Copaiba	16	51	70	Sachavaca	18,5	65	95	Cashimbo	9,5	34,5
21	Sachavaca	14	54,5	46	Tornillo	18	92	71	Cumala roja	12	39	96	Cumala	8	41,5
22	Cumala blanca	16	54,5	47	Almendro	12	70	72	Cumala roja	13	58	97	Marupa	9,5	48,5
23	Marupa	17,5	65	48	Marupa	14	45	73	Sachavaca	16	86	98	Almendro	11,75	57
24	Sachavaca	20,5	88,5	49	Marupa	16	52	74	Shaire pacae	15	57	99	Cumala blanca	10,5	44,5
25	Sachavaca	15,5	70,75	50	Sachavaca	14	80	75	Cabeza de Mono	13	73	100	Cumala	11,5	49,5

Cuadro 6 Volúmenes Individuales

Nº	Especie	Volumen	Nº	Especie	Volumen	Nº	Especie	Volumen	Nº	Especie	Volumen
1	Cumala roja	2,105	26	Cumala roja	2,784	51	Cabeza de Mono	2,055	76	Marupa	2,362
2	Moena	1,206	27	Shaire pacae	2,741	52	Marupa	3,142	77	Cumala roja	2,632
3	Shihuahuaco	3,067	28	Sachavaca	5,621	53	Marupa	2,032	78	Sachavaca	8,393
4	Marupa	2,169	29	Cumala roja	7,501	54	Tornillo	3,369	79	Caimito	5,109
5	Sachavaca	2,863	30	Shihuahuaco	2,205	55	Palta	1,026	80	Marupa	2,389
6	Shaire pacae	1,329	31	Sachavaca	2,799	56	Moena	2,166	81	Sachavaca	2,466
7	Cumala blanca	2,405	32	Huayruro	2,476	57	Cabeza de Mono	1,333	82	Caimito	1,917
8	Shaire pacae	2,683	33	Shaire pacae	1,616	58	Cumala roja	4,297	83	Almendro	3,140
9	Sachavaca	4,559	34	Shaire pacae	1,684	59	Almendro	3,511	84	Shaire pacae	2,090
10	Cumala	2,126	35	Sachavaca	7,729	60	Cabeza de Mono	1,527	85	Cumala roja	2,373
11	Shaire pacae	1,177	36	Shaire pacae	3,220	61	Shaire pacae	5,173	86	Huayruro	2,162
12	Caimito	1,720	37	Sachavaca	4,193	62	Shihuahuaco	2,178	87	Cumala	0,691
13	Marupa	2,670	38	Sachavaca	7,181	63	Palta	2,239	88	Copaiba	0,942
14	Shaire pacae	2,867	39	Cumala roja	1,257	64	Shaire pacae	1,850	89	Almendro	1,522
15	Cumala blanca	1,568	40	Almendro	4,665	65	Cumala roja	1,594	90	Marupa	1,045
16	Cashimbo	3,104	41	Sachavaca	6,842	66	Shaire pacae	1,769	91	Shaire pacae	1,014
17	Moena	1,432	42	Cumala roja	2,851	67	Higado	2,869	92	Marupa	1,161
18	Higado	3,694	43	Palta	2,134	68	Sachavaca	1,027	93	Marupa	0,496
19	Shaire pacae	2,782	44	Copaiba	1,305	69	Sachavaca	6,458	94	Moena	1,068
20	Marupa	1,514	45	Copaiba	2,361	70	Sachavaca	3,277	95	Cashimbo	0,856
21	Sachavaca	2,326	46	Tornillo	9,517	71	Cumala roja	1,124	96	Cumala	0,951
22	Cumala blanca	2,267	47	Almendro	2,757	72	Cumala roja	1,901	97	Marupa	1,234
23	Marupa	4,037	48	Marupa	2,181	73	Sachavaca	6,071	98	Almendro	1,708
24	Sachavaca	6,705	49	Marupa	1,995	74	Shaire pacae	2,311	99	Cumala blanca	1,270
25	Sachavaca	3,376	50	Sachavaca	5,661	75	Cabeza de Mono	3,346	100	Cumala	1,201

Suma	278,862
Promedio	2,788
Mínimo	0,496
Máximo	9,516

Cuadro 7 Cociente q de los individuos estudiados

Nº	Especie	q	Nº	Especie	q
1	Cumala roja	0,849	51	Cabeza de Mono	0,741
2	Moena	0,854	52	Marupa	0,758
3	Shihuahuaco	0,833	53	Marupa	0,831
4	Marupa	0,835	54	Tornillo	0,826
5	Sachavaca	0,704	55	Palta	0,833
6	Shaire pacae	0,756	56	Moena	1,017
7	Cumala blanca	0,929	57	Cabeza de Mono	0,879
8	Shaire pacae	0,870	58	Cumala roja	0,816
9	Sachavaca	0,639	59	Almendro	0,966
10	Cumala	0,714	60	Cabeza de Mono	0,852
11	Shaire pacae	0,609	61	Shaire pacae	0,929
12	Caimito	0,932	62	Shihuahuaco	0,849
13	Marupa	0,660	63	Palta	0,720
14	Shaire pacae	0,893	64	Shaire pacae	0,852
15	Cumala blanca	0,725	65	Cumala roja	0,718
16	Cashimbo	0,787	66	Shaire pacae	0,843
17	Moena	0,785	67	Hígado	0,928
18	Hígado	0,776	68	Sachavaca	0,788
19	Shaire pacae	0,690	69	Sachavaca	0,680
20	Marupa	0,842	70	Sachavaca	0,698
21	Sachavaca	0,860	71	Cumala roja	0,897
22	Cumala blanca	0,780	72	Cumala roja	0,696
23	Marupa	0,846	73	Sachavaca	0,804
24	Sachavaca	0,678	74	Shaire pacae	0,730
25	Sachavaca	0,707	75	Cabeza de Mono	0,759
26	Cumala roja	0,802	76	Marupa	0,743
27	Shaire pacae	0,798	77	Cumala roja	0,763
28	Sachavaca	0,774	78	Sachavaca	0,879
29	Cumala roja	0,930	79	Caimito	0,838
30	Shihuahuaco	0,841	80	Marupa	0,896
31	Sachavaca	0,875	81	Sachavaca	0,744
32	Huayruro	0,795	82	Caimito	0,683
33	Shaire pacae	0,870	83	Almendro	0,861
34	Shaire pacae	0,825	84	Shaire pacae	0,900
35	Sachavaca	0,827	85	Cumala roja	0,962
36	Shaire pacae	0,769	86	Huayruro	0,859
37	Sachavaca	0,809	87	Cumala	0,970
38	Sachavaca	0,730	88	Copaiba	0,864
39	Cumala roja	0,946	89	Almendro	0,962
40	Almendro	0,719	90	Marupa	0,886
41	Sachavaca	0,947	91	Shaire pacae	0,947
42	Cumala roja	0,735	92	Marupa	0,851
43	Palta	0,780	93	Marupa	0,857
44	Copaiba	0,862	94	Moena	0,842
45	Copaiba	0,897	95	Cashimbo	1,014
46	Tornillo	0,870	96	Cumala	0,964
47	Almendro	0,789	97	Marupa	0,825
48	Marupa	0,900	98	Almendro	0,746
49	Marupa	0,769	99	Cumala blanca	0,899
50	Sachavaca	0,943	100	Cumala	0,732

Asimismo, también podemos observar que existe una diferencia entre los índices k de los individuos muestreados, correspondiendo el menor (7,051) al individuo número 85, de la especie "Cumala Roja", el que presenta el menor índice (7,051), debido a que poseía un diámetro de 78 cm, pero sin embargo una altura de 5,5 m. La especie "Sachavaca" presenta los mayores valores de índice k , siendo el individuo número 68 el que presenta el mayor valor, con 42,46 (Ver Cuadro 8).

De manera similar el cociente de forma z de cada individuo analizado puede ser observado en el Cuadro 9. En este caso también se observa que existe una gran amplitud entre los valores, teniendo como máximo valor al índice z del árbol número 95 (0,94) de la especie "Cashimbo" y como valor mínimo al índice del árbol número 9 (0,51), de la especie "Sachavaca".

Luego del cálculo de los cocientes e índice de forma se procedió a analizar la relación entre los mismos. Así, en la Figura 4 se puede observar que no existe relación alguna entre el cociente q y el índice k , principalmente porque son elaborados con variables diferentes. Por el contrario la Figura 5 muestra la relación existente entre los cocientes de forma q y z , en donde se observa una clara relación directa entre los mismos; esto debido a que a que ambos son elaborados utilizando diferentes diámetros de los individuos, sea el diámetro a la mitad del fuste para el cociente q o el diámetro en la punta de copa para el cociente z .

Finalmente, entre el índice k y el cociente z aparentemente existe una relación inversa pero a la vez muy dispersa, lo cual puede ser observado en la Figura 6; posiblemente porque estos son elaborados relacionando diferentes variables; sea el diámetro al punto de copa para el cociente de forma z o la altura del fuste para el índice de forma k de cada individuo.

Cuadro 8 Índice *k* de los individuos estudiados

Nº	Especie	<i>k</i>	Nº	Especie	<i>k</i>
1	Cumala roja	24,528	51	Cabeza de Mono	30,556
2	Moena	29,268	52	Marupa	22,727
3	Shihuahuaco	28,947	53	Marupa	34,043
4	Marupa	28,713	54	Tornillo	28,099
5	Sachavaca	19,718	55	Palta	34,722
6	Shaire pacaе	36,047	56	Moena	31,461
7	Cumala blanca	26,667	57	Cabeza de Mono	32,727
8	Shaire pacaе	24,348	58	Cumala roja	22,695
9	Sachavaca	18,75	59	Almendro	23,529
10	Cumala	31,429	60	Cabeza de Mono	26,374
11	Shaire pacaе	37,101	61	Shaire pacaе	18,000
12	Caimito	29,589	62	Shihuahuaco	26,415
13	Marupa	20,139	63	Palta	20,000
14	Shaire pacaе	27,679	64	Shaire pacaе	40,909
15	Cumala blanca	27,00	65	Cumala roja	24,880
16	Cashimbo	25,197	66	Shaire pacaе	34,831
17	Moena	38,372	67	Hígado	33,663
18	Hígado	19,858	68	Sachavaca	42,466
19	Shaire pacaе	19,310	69	Sachavaca	20,330
20	Marupa	28,421	70	Sachavaca	28,682
21	Sachavaca	25,688	71	Cumala roja	30,769
22	Cumala blanca	29,358	72	Cumala roja	22,609
23	Marupa	26,923	73	Sachavaca	18,713
24	Sachavaca	23,164	74	Shaire pacaе	26,549
25	Sachavaca	21,908	75	Cabeza de Mono	17,931
26	Cumala roja	33,962	76	Marupa	31,532
27	Shaire pacaе	24,37	77	Cumala roja	27,966
28	Sachavaca	21,935	78	Sachavaca	18,681
29	Cumala roja	19,048	79	Caimito	15,854
30	Shihuahuaco	22,124	80	Marupa	25,472
31	Sachavaca	21,667	81	Sachavaca	26,446
32	Huayruro	21,488	82	Caimito	21,849
33	Shaire pacaе	28,261	83	Almendro	16,667
34	Shaire pacaе	23,301	84	Shaire pacaе	13,600
35	Sachavaca	30,323	85	Cumala roja	7,051
36	Shaire pacaе	17,483	86	Huayruro	14,063
37	Sachavaca	24,265	87	Cumala	26,866
38	Sachavaca	24,277	88	Copaiba	23,457
39	Cumala roja	36,486	89	Almendro	16,346
40	Almendro	21,250	90	Marupa	26,582
41	Sachavaca	32,353	91	Shaire pacaе	11,650
42	Cumala roja	20,588	92	Marupa	18,557
43	Palta	27,523	93	Marupa	20,000
44	Copaiba	27,586	94	Moena	17,895
45	Copaiba	31,683	95	Cashimbo	27,536
46	Tornillo	19,565	96	Cumala	19,277
47	Almendro	17,204	97	Marupa	19,588
48	Marupa	31,111	98	Almendro	20,614
49	Marupa	29,808	99	Cumala blanca	23,596
50	Sachavaca	16,981	100	Cumala	23,232

Cuadro 9 Cociente z de los individuos estudiados

Nº	Especie	z	Nº	Especie	z
1	Cumala roja	0,849	51	Cabeza de Mono	0,625
2	Moena	0,854	52	Marupa	0,682
3	Shihuahuaco	0,746	53	Marupa	0,698
4	Marupa	0,805	54	Tornillo	0,744
5	Sachavaca	0,634	55	Palta	0,764
6	Shaire paca	0,581	56	Moena	0,913
7	Cumala blanca	0,714	57	Cabeza de Mono	0,727
8	Shaire paca	0,783	58	Cumala roja	0,745
9	Sachavaca	0,511	59	Almendro	0,924
10	Cumala	0,571	60	Cabeza de Mono	0,797
11	Shaire paca	0,565	61	Shaire paca	0,871
12	Caimito	0,747	62	Shihuahuaco	0,802
13	Marupa	0,625	63	Palta	0,640
14	Shaire paca	0,759	64	Shaire paca	0,653
15	Cumala blanca	0,600	65	Cumala roja	0,670
16	Cashimbo	0,709	66	Shaire paca	0,787
17	Moena	0,669	67	Hígado	0,866
18	Hígado	0,731	68	Sachavaca	0,616
19	Shaire paca	0,552	69	Sachavaca	0,577
20	Marupa	0,684	70	Sachavaca	0,620
21	Sachavaca	0,717	71	Cumala roja	0,737
22	Cumala blanca	0,665	72	Cumala roja	0,609
23	Marupa	0,808	73	Sachavaca	0,732
24	Sachavaca	0,615	74	Shaire paca	0,708
25	Sachavaca	0,636	75	Cabeza de Mono	0,724
26	Cumala roja	0,731	76	Marupa	0,676
27	Shaire paca	0,777	77	Cumala roja	0,636
28	Sachavaca	0,758	78	Sachavaca	0,838
29	Cumala roja	0,763	79	Caimito	0,781
30	Shihuahuaco	0,796	80	Marupa	0,825
31	Sachavaca	0,833	81	Sachavaca	0,620
32	Huayruro	0,733	82	Caimito	0,630
33	Shaire paca	0,761	83	Almendro	0,770
34	Shaire paca	0,752	84	Shaire paca	0,840
35	Sachavaca	0,787	85	Cumala roja	0,929
36	Shaire paca	0,769	86	Huayruro	0,781
37	Sachavaca	0,790	87	Cumala	0,896
38	Sachavaca	0,686	88	Copaiba	0,802
39	Cumala roja	0,845	89	Almendro	0,865
40	Almendro	0,719	90	Marupa	0,823
41	Sachavaca	0,818	91	Shaire paca	0,874
42	Cumala roja	0,662	92	Marupa	0,722
43	Palta	0,734	93	Marupa	0,786
44	Copaiba	0,805	94	Moena	0,816
45	Copaiba	0,804	95	Cashimbo	0,942
46	Tornillo	0,87	96	Cumala	0,873
47	Almendro	0,717	97	Marupa	0,799
48	Marupa	0,889	98	Almendro	0,570
49	Marupa	0,700	99	Cumala blanca	0,815
50	Sachavaca	0,849	100	Cumala	0,556

Figura 4 Relación entre los Cocientes q y los Índices k de los individuos analizados

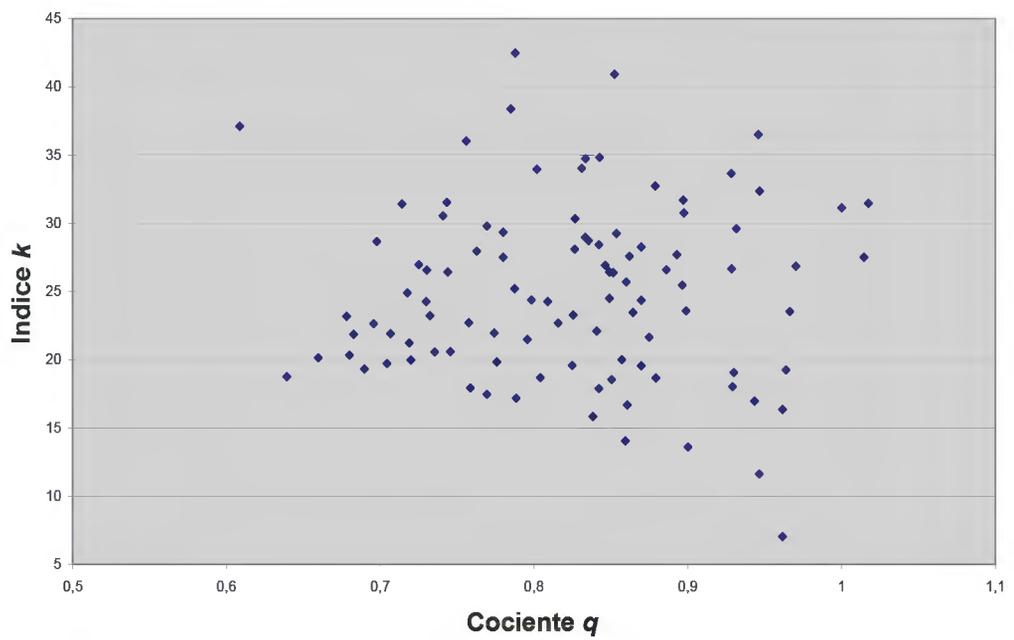


Figura 5 Relación entre los cocientes q y z de los individuos analizados

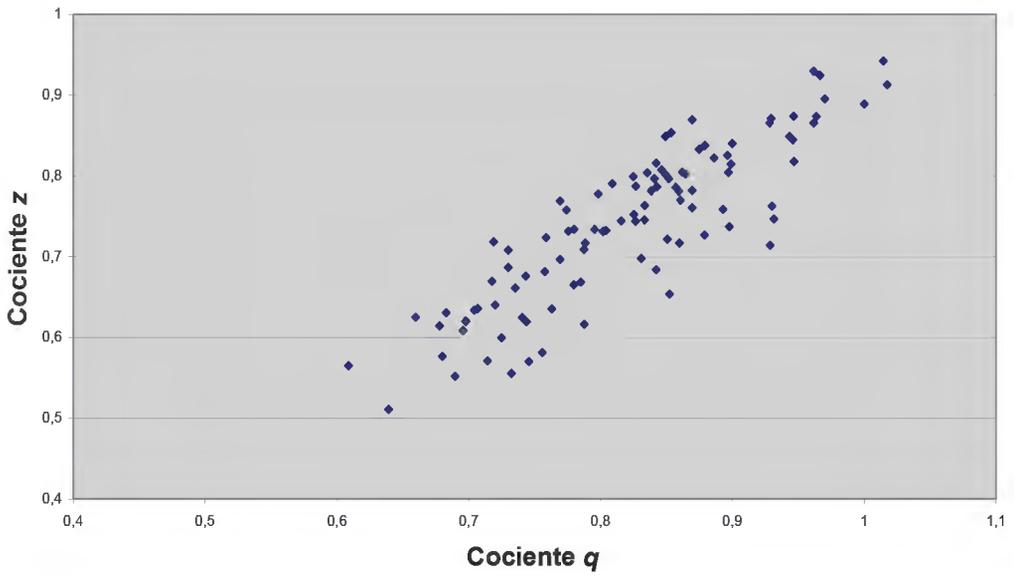
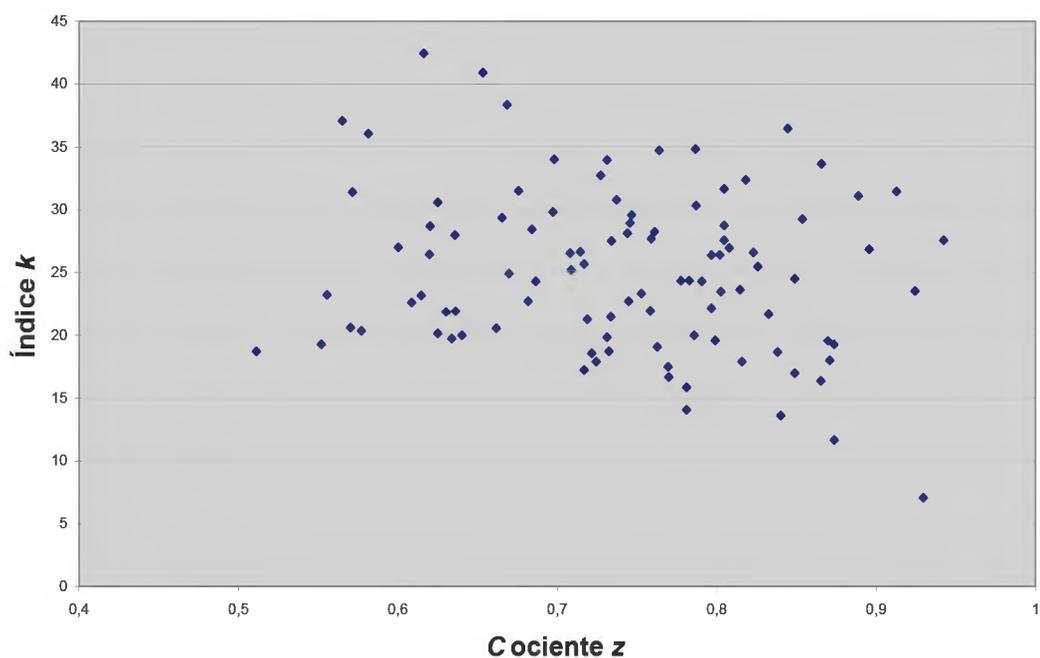


Figura 6 Relación entre los Cocientes z y los Índices k de los individuos analizados



B) CONSTRUCCIÓN DE ECUACIONES A PARTIR DE MODELOS ORIGINALES

Al construir las ecuaciones a partir de los modelos originales y los que incluyen cocientes e índice de forma, se obtuvo un total de 96 ecuaciones, en cuatro grupos de 24. El Cuadro 10 muestra los CME de las ecuaciones originales en la primera columna, mientras en la segunda tercera y cuarta, se muestran los CME de las ecuaciones originales incluyendo los cocientes de forma q y z y el índice de forma k . La ecuación original 13 presenta un CME de 0,345, siendo este el menor valor calculado para este grupo, mientras que al agregarles a los modelos el cociente de forma q , se observa que el menor CME lo tiene la ecuación $20q$, la cual presenta un valor de 0,116. En el caso de los modelos originales más el índice de forma k , se observa que la ecuación $19k$ presenta el menor CME, siendo este de 0,339; y del grupo de ecuaciones

originales a las que se les aumentó el cociente de forma z , se observa que la ecuación 13z presenta el menor valor de CME. Estas ecuaciones pueden ser observadas en Anexos 21 al 24.

Cuadro 10

CME para las ecuaciones originales incluyendo cocientes e índice de forma

Modelos Grupo 1	CME	Modelos Grupo 2	CME	Modelos Grupo 3	CME	Modelos Grupo 4	CME
1	0,352	1q	0,118	1k	0,356	1z	0,146
2	0,352	2q	0,119	2k	0,354	2z	0,155
3	0,351	3q	0,117	3k	0,352	3z	0,152
4	0,655	4q	0,569	4k	0,445	4z	0,599
5	0,420	5q	0,164	5k	0,423	5z	0,186
6	0,531	6q	0,244	6k	0,536	6z	0,271
7	0,349	7q	0,133	7k	0,353	7z	0,168
8	0,348	8q	0,134	8k	0,349	8z	0,168
9	0,350	9q	0,131	9k	0,353	9z	0,156
10	0,383	10q	0,133	10k	0,355	10z	0,175
11	0,350	11q	0,127	11k	0,353	11z	0,156
12	0,531	12q	0,247	12k	0,426	12z	0,243
13	0,346	13q	0,117	13k	0,344	13z	0,145
14	0,346	14q	0,119	14k	0,345	14z	0,147
15	0,348	15q	0,117	15k	0,342	15z	0,146
16	0,349	16q	0,118	16k	0,341	16z	0,146
17	0,351	17q	0,117	17k	0,352	17z	0,145
18	0,349	18q	0,128	18k	0,351	18z	0,167
19	0,378	19q	0,154	19k	0,340	19z	0,166
20	0,353	20q	0,117	20k	0,354	20z	0,149
21	0,347	21q	0,134	21k	0,350	21z	0,167
22	0,682	22q	0,576	22k	0,445	22z	0,613
23	0,804	23q	0,676	23k	0,547	23z	0,721
24	2,027	24q	1,967	24k	0,650	24z	1,791

C) ANÁLISIS DE RESIDUOS

A partir de los gráficos de Análisis de Residuos, se observa que no existe una homogeneidad de variancias de los errores o residuos en función del volumen estimado. Esto nos lleva, para obtener una mejor estimación de los coeficientes, a realizar una regresión ponderada. (FAO, 1980; Barrera; 1988), como se aprecia en las Figuras 7 y 9 (correspondientes a las ecuaciones 13 y 19k).

En las Figuras 8 y 10 correspondientes a las ecuaciones 20q y 13z además de la regresión ponderada se requeriría incluir una nueva variable

D) CONSTRUCCIÓN DE ECUACIONES A PARTIR DE MODELOS PONDERADOS

Luego de analizar los residuos de las mejores ecuaciones originales se procedió a la ponderación de los modelos con cuatro diferentes factores, como ya fue mencionado en la Metodología, con el fin de homogenizar las variancias de los volúmenes estimados, las cuales dependen de las variables explicativas. Es importante resaltar que se decidió ponderar todos los modelos originales, ya que así se pudo observar otros modelos que no habían sobresalido en las regresiones originales lo podían hacer con este método.

Figura 7 Análisis de Residuos para la Ecuación Original 13

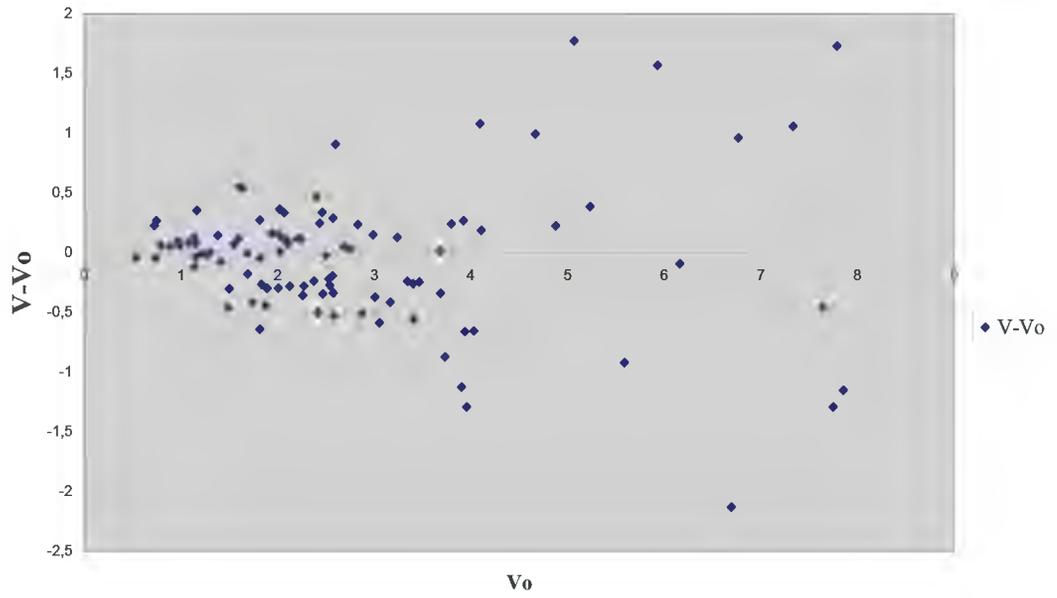


Figura 8 Análisis de Residuos para la Ecuación 20q

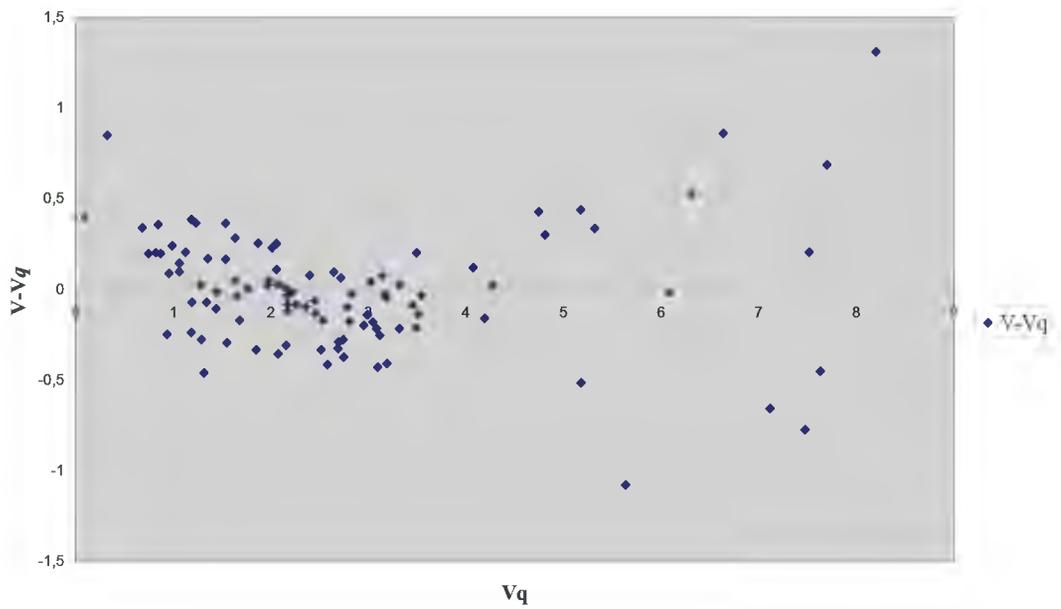


Figura 9 Análisis de Residuos para la Ecuación 19k

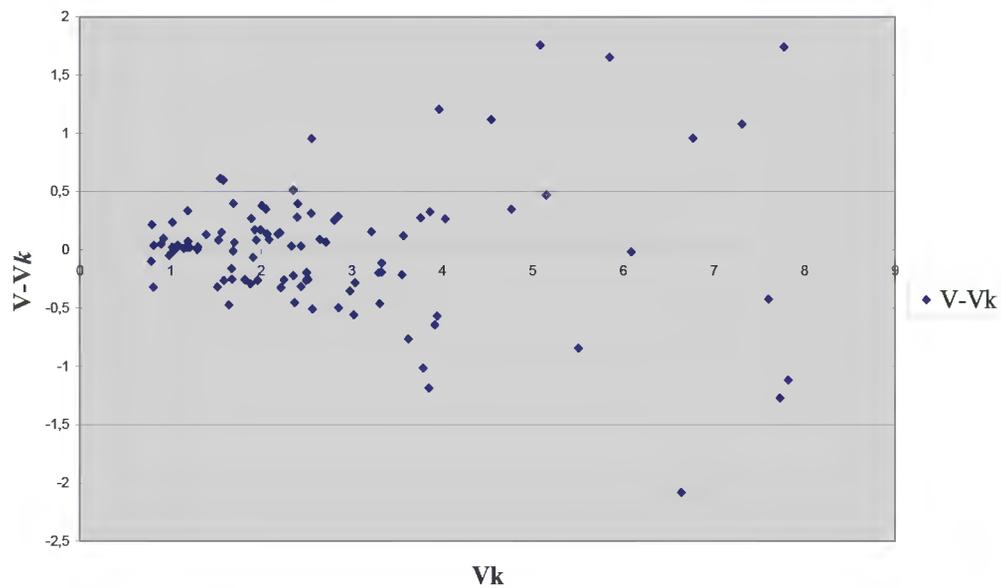
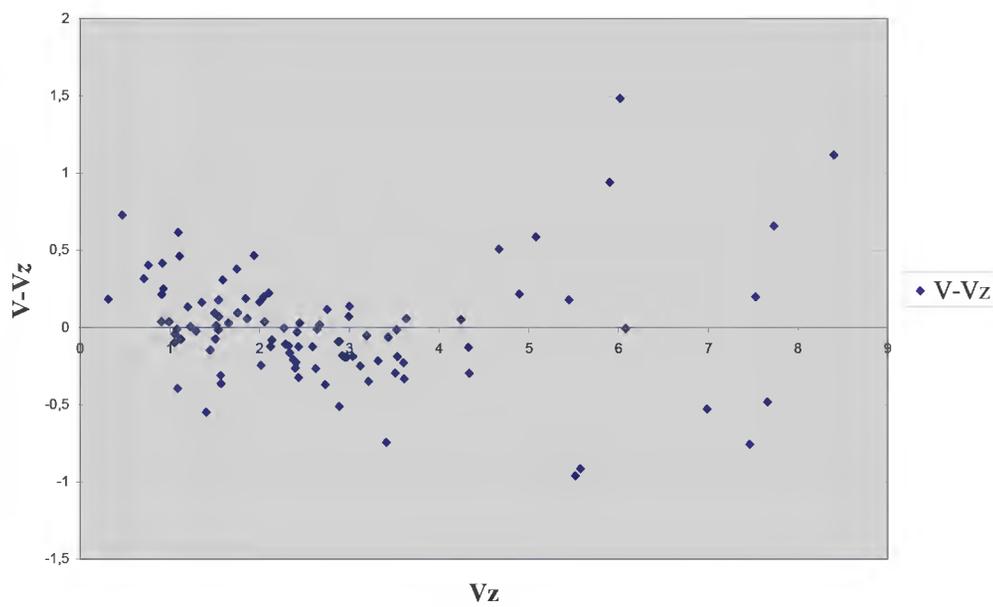


Figura 10 Análisis de Residuos para la Ecuación 13z



En el Cuadro 11 se observa los CME para las ecuaciones ponderadas con el factor $1/dap^2(A)$. Se encuentran resaltados los CME menores para cada grupo. Se puede observar que el modelo 11A posee el menor CME del grupo de ecuaciones originales ponderadas con el factor $1/dap^2$. Entre los modelos que incluyen el índice de forma q y ponderados con el factor $1/dap^2$, el modelo 20qA es el que posee el menor valor de CME, mientras que el modelo número 19kA es el que tiene el menos CME entre los modelos ponderados con $1/dap^2$ y que incluyen el índice de forma k . En la ultima columna se muestra el grupo de ecuaciones que incluyen el índice de forma z y ponderadas por $1/dap^2$, siendo el modelo 13zA el que posee el menor CME.

En el Cuadro 12 observamos el CME de los modelos ponderados por $1/dap^4$. En la primera columna observamos los CME para los modelos originales ponderados por $1/dap^4$, siendo el modelo 21B el que posee el menor valor. En la segunda columna observamos los CME los modelos que incluyen el índice de forma q ponderados por $1/dap^4$, siendo el menor valor para el modelo 20qB. En la tercera columna se observa los CME para los modelos que incluyen el índice de forma k y ponderados por $1/dap^4$, siendo el menor valor para el modelo 21qB. En la ultima columna se observa los valores de CME para las ecuaciones ponderadas por $1/dap^4$ y que incluyen el índice z , siendo el menor valor de CME el modelo 17zB.

El Cuadro 13 muestra los CME para las ecuaciones ponderadas por $1/dap^2h$. La columna 1, nos muestra los CME de las ecuaciones originales ponderadas por $1/dap^2h$, siendo la ecuación 16C la que posee el valor mas bajo. La tercera columna nos muestra los valores de CME de las ecuaciones que incluyen el índice de forma k , ponderadas por $1/dap^2h$, siendo la numero 13kC, la ecuación que presenta el menor valor de CME. La última columna presenta los CME de las ecuaciones que incluyen el índice de forma z ponderadas por $1/dap^2h$, siendo la numero 17zC la que presenta el menor valor.

El Cuadro 14 presenta los valores de CME para las ecuaciones ponderadas por $1/dap^4h^2$. En la primera columna se observan los valores de CME para las ecuaciones originales ponderadas por el factor $1/dap^4h^2$, siendo el modelo número 16D el que presenta el menor valor.

Cuadro 11 CME para las ecuaciones ponderadas con el Factor $1/dap^2$

Factor de Ponderación: $1/dap^2$.							
Modelos Grupo 5	CME	Modelos Grupo 6	CME	Modelos Grupo 7	CME	Modelos Grupo 8	CME
1A	0,675	1qA	0,256	1kA	0,682	1zA	0,306
2A	0,670	2qA	0,257	2kA	0,676	2zA	0,321
3A	0,669	3qA	0,255	3kA	0,675	3zA	0,318
4A	1,392	4qA	1,251	4kA	0,954	4zA	1,327
5A	0,902	5qA	0,401	5kA	0,911	5zA	0,429
6A	1,185	6qA	0,624	6kA	1,197	6zA	0,648
7A	0,664	7qA	0,287	7kA	0,671	7zA	0,360
8A	0,663	8qA	0,290	8kA	0,669	8zA	0,358
9A	0,663	9qA	0,276	9kA	0,670	9zA	0,323
10A	0,759	10qA	0,302	10kA	0,678	10zA	0,377
11A	0,656	11qA	0,268	11kA	0,670	11zA	0,321
12A	1,163	12qA	0,599	12kA	0,871	12zA	0,545
13A	0,703	13qA	0,262	13kA	0,664	13zA	0,308
14A	0,667	14qA	0,258	14kA	0,675	14zA	0,309
15A	0,671	15qA	0,256	15kA	0,671	15zA	0,310
16A	0,665	16qA	0,256	16kA	0,668	16zA	0,306
17A	0,669	17qA	0,254	17kA	0,675	17zA	0,304
18A	0,666	18qA	0,275	18kA	0,673	18zA	0,351
19A	0,797	19qA	0,368	19kA	0,662	19zA	0,381
20A	0,656	20qA	0,254	20kA	0,676	20zA	0,309
21A	0,657	21qA	0,287	21kA	0,664	21zA	0,357
22A	1,421	22qA	1,249	22kA	0,961	22zA	1,333
23A	1,680	23qA	1,455	23kA	1,225	23zA	1,552
24A	4,418	24qA	4,383	24kA	1,420	24zA	4,041

Cuadro 12 CME para las ecuaciones ponderadas con el Factor $1/dap^4$

Factor de Ponderación: $1/dap^4$.							
Modelo Grupo 9	CME	Modelo Grupo 10	CME	Modelo Grupo 11	CME	Modelo Grupo 12	CME
1B	1,595	1qB	0,617	1kB	1,609	1zB	0,718
2B	1,579	2qB	0,616	2kB	1,595	2zB	0,742
3B	1,579	3qB	0,613	3kB	1,595	3zB	0,737
4B	3,517	4qB	3,232	4kB	2,361	4zB	3,435
5B	2,218	5qB	1,029	5kB	2,241	5zB	1,048
6B	2,878	6qB	1,583	6kB	2,901	6zB	1,569
7B	1,566	7qB	0,690	7kB	1,580	7zB	0,869
8B	1,565	8qB	0,693	8kB	1,580	8zB	0,855
9B	1,563	9qB	0,650	9kB	1,579	9zB	0,747
10B	1,809	10qB	0,746	10kB	1,609	10zB	0,887
11B	1,563	11qB	0,633	11kB	1,579	11zB	0,741
12B	2,917	12qB	1,623	12kB	2,080	12zB	1,363
13B	1,701	13qB	0,659	13kB	1,600	13zB	0,737
14B	1,611	14qB	0,621	14kB	1,619	14zB	0,718
15B	1,595	15qB	0,619	15kB	1,609	15zB	0,732
16B	1,595	16qB	0,615	16kB	1,605	16zB	0,719
17B	1,579	17qB	0,614	17kB	1,596	17zB	0,711
18B	1,578	18qB	0,651	18kB	1,594	18zB	0,818
19B	2,004	19qB	0,951	19kB	1,617	19zB	0,957
20B	1,579	20qB	0,609	20kB	1,596	20zB	0,716
21B	1,550	21qB	0,686	21kB	1,564	21zB	0,862
22B	3,514	22qB	3,200	22kB	2,369	22zB	3,408
23B	4,014	23qB	3,576	23kB	2,981	23zB	3,813
24B	10,425	24qB	10,384	24kB	3,317	24zB	9,674

Cuadro 13

CME para las ecuaciones ponderadas con el Factor $1/dap^2h$

Factor de Ponderación: $1/dap^2h$							
Modelo Grupo 13	CME	Modelo Grupo 14	CME	Modelo Grupo 15	CME	Modelo Grupo 16	CME
1C	0,042	1qC	0,017	1kC	0,043	1zC	0,020
2C	0,043	2qC	0,017	2kC	0,043	2zC	0,021
3C	0,043	3qC	0,017	3kC	0,043	3zC	0,021
4C	0,103	4qC	0,101	4kC	0,064	4zC	0,103
5C	0,060	5qC	0,032	5kC	0,060	5zC	0,032
6C	0,079	6qC	0,047	6kC	0,079	6zC	0,047
7C	0,042	7qC	0,019	7kC	0,043	7zC	0,024
8C	0,042	8qC	0,019	8kC	0,042	8zC	0,023
9C	0,043	9qC	0,018	9kC	0,043	9zC	0,021
10C	0,050	10qC	0,020	10kC	0,044	10zC	0,025
11C	0,042	11qC	0,018	11kC	0,043	11zC	0,021
12C	0,082	12qC	0,045	12kC	0,058	12zC	0,040
13C	0,044	13qC	0,018	13kC	0,042	13zC	0,021
14C	0,042	14qC	0,017	14kC	0,043	14zC	0,020
15C	0,042	15qC	0,017	15kC	0,043	15zC	0,020
16C	0,042	16qC	0,017	16kC	0,042	16zC	0,020
17C	0,043	17qC	0,017	17kC	0,043	17zC	0,020
18C	0,042	18qC	0,018	18kC	0,042	18zC	0,023
19C	0,052	19qC	0,029	19kC	0,042	19zC	0,029
20C	0,042	20qC	0,017	20kC	0,043	20zC	0,020
21C	0,042	21qC	0,019	21kC	0,043	21zC	0,023
22C	0,105	22qC	0,101	22kC	0,065	22zC	0,104
23C	0,121	23qC	0,114	23kC	0,083	23zC	0,118
24C	0,294	24qC	0,294	24kC	0,094	24zC	0,276

En la segunda columna se muestra los valores de CME para las ecuaciones que incluyen el índice de forma q , y ponderadas con el factor $1/dap^4h^2$, siendo la ecuación 3qD la que presenta el menor valor de CME. En la columna 3 se presenta los CME para las ecuaciones que incluyen el índice k ponderadas con el factor $1/dap^4h^2$, siendo el modelo numero 8kD el que presenta el menor valor de CME. En la última columna se presentan los CME para las ecuaciones que incluyen el índice de forma z ponderadas con el factor $1/dap^4h^2$, siendo el modelo numero 17zD el que presenta el menor valor de CME. Las ecuaciones obtenidas a partir de modelos ponderados pueden ser observadas en los Anexos 25 al 40.

E) SELECCIÓN DE LA MEJOR ECUACIÓN

Al analizar las 480 ecuaciones obtenidas mediante el método de regresión por los Mínimos Cuadrados, se seleccionó a las mejores ecuaciones por grupo, mediante comparaciones del CME, con lo cual se obtuvo un total de 20 ecuaciones. Para comparar y seleccionar la mejor ecuación se procedió a calcular el índice de Furnival para cada una; de esta manera la ecuación que mejor estima el stock maderable comercial del bosque analizado es la que tiene menor IF .

Entonces, como se observa en el Cuadro 4.13 la ecuación 20qB es la que estima mejor el volumen maderable, pues posee un IF de 0,0775. Esta ecuación es la siguiente:

$$V = - 3,68 + 1,56 dap + 0,0405 h + 0,433 dap^2h + 3,28 q$$

Donde:

dap : Diámetro a la altura del pecho (m)

h : Altura

q : Cociente de Forma: dmf / dap

dmf : Diámetro a la mitad del fuste (m)

Cuadro 14

CME para las ecuaciones ponderadas con el Factor $1/dap^4h^2$

Factor de Ponderación: $1/dap^4h^2$							
Modelo Grupo 17	CME	Modelo Grupo 18	CME	Modelo Grupo 19	CME	Modelo Grupo 20	CME
1D	0,007	1qD	0,003	1kD	0,007	1zD	0,003
2D	0,007	2qd	0,003	2kD	0,007	2zD	0,003
3D	0,007	3qD	0,003	3kD	0,007	3zD	0,003
4D	0,023	4qD	0,023	4kD	0,012	4zD	0,023
5D	0,010	5qD	0,007	5kD	0,010	5zD	0,006
6D	0,013	6qD	0,009	6kD	0,013	6zD	0,008
7D	0,007	7qD	0,003	7kD	0,007	7zD	0,004
8D	0,007	8qD	0,003	8kD	0,007	8zD	0,004
9D	0,007	9qD	0,003	9kD	0,007	9zD	0,004
10D	0,009	10qD	0,004	10kD	0,008	10zD	0,004
11D	0,007	11qD	0,003	11kD	0,007	11zD	0,004
12D	0,015	12qD	0,010	12kD	0,010	12zD	0,008
13D	0,008	13qD	0,004	13kD	0,007	13zD	0,004
14D	0,007	14qD	0,003	14kD	0,007	14zD	0,003
15D	0,007	15qD	0,003	15kD	0,007	15zD	0,003
16D	0,007	16qD	0,003	16kD	0,007	16zD	0,003
17D	0,007	17qD	0,003	17kD	0,007	17zD	0,003
18D	0,007	18qD	0,003	18kD	0,007	18zD	0,004
19D	0,009	19qD	0,006	19kD	0,007	19zD	0,006
20D	0,007	20qD	0,003	20kD	0,007	20zD	0,003
21D	0,007	21qD	0,003	21kD	0,007	21zD	0,004
22D	0,023	22qD	0,023	22kD	0,012	22zD	0,023
23D	0,024	23qD	0,024	23kD	0,014	23zD	0,024
24D	0,051	24qD	0,051	24kD	0,015	24zD	0,050

Por la situación forestal actual del País, en donde se requiere hacer un inventario forestal eficiente y rápido, la ecuación antes mencionada es de difícil aplicación, ya que posee un cociente de forma que incluye el diámetro a la mitad del fuste, el cual es difícil de medir en el campo, y requiere de un tiempo mayor por individuo. Sin embargo, en los resultados obtenidos se observa que otras dos ecuaciones pueden ser eficientes para el bosque analizado: la ecuación 21B, que posee un IF de 0,1237 y la ecuación 21kB, que posee un IF de 0,1242. Estas ecuaciones son las siguientes:

$$21B : V = 0,207 + 0,485 dap^2 h$$

$$21kB: V = 0,257 + 0,485 dap^2 h - 0,00172k$$

La única dificultad para el uso de estas ecuaciones es la medición de la altura, la cual tiene que ser lo más precisa posible, ya que en la primera (21B), la altura representa junto con el dap , las únicas variables, mientras que en la segunda (21kB); la altura se utiliza dos veces: como variable independiente y para el cálculo del índice k (h/dap).

4.2 FACTOR DE FORMA (Ff)

El Factor de Forma de cada individuo está representado como la relación existente entre el volumen del cilindro imaginario conformado por el dap y la altura de fuste con el volumen real del árbol.

En el Cuadro 15 se muestran al total de individuos analizados con su respectivo Factor de Forma. Se puede observar la gran variabilidad existente entre los Ff de todos los individuos, teniendo como máximo factor el perteneciente al individuo número 56, el cual posee un Factor de Forma de 0,99, es decir este árbol es casi similar al cilindro

Cuadro 15

Índice de Furnival para las mejores ecuaciones por grupo.

Modelo		Ecuaciones con menor CME por grupo	CME	Furnival	$\sum \log p$	$\sum \log p/N$	$\text{antilog}(\sum \log p/N)$
13	Original (Grupo 1)	$V = 2,00 - 10,7 dap + 12,5 dap^2 + 0,305 daph$	0,3456	0,5879	x	x	x
	Agregando Cocientes e Índice de Forma						
20q	q (Grupo 2)	$V = -6,82 + 2,67 dap + 0,0734 h + 0,397 dap^2 h + 5,98 q$	0,1169	0,3419	x	x	x
19k	k (Grupo 3)	$V = 6,41 - 23,6 dap + 21,3 dap^2 + 0,448 h - 0,154 k$	0,3396	0,5828	x	x	x
13z	z (Grupo 4)	$V = -3,04 - 7,14 dap + 8,70 dap^2 + 0,386 daph + 4,89 z$	0,1449	0,3807	x	x	x
	Con Factor de Ponderación $1/dap^2$						
11A	Original (Grupo 5)	$V = 0,274 - 0,0264 daph + 0,516 dap^2 h$	0,6560	0,2553	-49,6450	-0,5015	0,3152
20qA	q (Grupo 6)	$V = -4,95 + 1,98 dap + 0,0534 h + 0,420 dap^2 h + 4,39 q$	0,2537	0,1587	-49,6450	-0,5015	0,3152
19kA	k (Grupo 7)	$V = 6,13 - 22,8 dap + 20,8 dap^2 + 0,439 h - 0,149 k$	0,6619	0,2564	-49,6450	-0,5015	0,3152
13zA	z (Grupo 8)	$V = -3,82 + 2,21 dap^2 + 0,0864 h + 0,349 dap^2 h + 3,70 z$	0,3038	0,1737	-49,6450	-0,5015	0,3152
	Con Factor de Ponderación $1/dap^4$						
21B	Original (Grupo 9)	$V = 0,207 + 0,485 dap^2 h$	1,5500	0,1237	-99,2900	-1,0029	0,0993
21qB	q (Grupo 10)	$V = -3,68 + 1,56 dap + 0,0405 h + 0,433 dap^2 h + 3,28 q$	0,6091	0,0775	-99,2900	-1,0029	0,0993
21kB	k (Grupo 11)	$V = 0,257 + 0,485 dap^2 h - 0,00172 k$	1,5640	0,1242	-99,2900	-1,0029	0,0993
17zB	z (Grupo 12)	$V = -2,92 + 1,92 dap^2 + 0,0702 h + 0,365 dap^2 h + 2,82 z$	0,7112	0,0838	-99,2900	-1,0029	0,0993
	Con Factor de Ponderación $1/dap^2 h$						
16C	Original (Grupo 13)	$V = 0,678 - 3,11 dap + 0,0240 h + 4,34 dap^2 + 0,382 dap^2 h$	0,0419	0,9023	63,7778	0,6442	4,4078
20qC	q (Grupo 14)	$V = -4,44 + 1,72 dap + 0,0467 h + 0,432 dap^2 h + 3,99 q$	0,0169	0,5724	63,7778	0,6442	4,4078
13kC	k (Grupo 15)	$V = 2,90 - 11,3 dap + 11,4 dap^2 + 0,363 daph - 0,0270 k$	0,0423	0,9065	63,7778	0,6442	4,4078
17zC	z (Grupo 16)	$V = -3,37 + 1,90 dap^2 + 0,0742 h + 0,371 dap^2 h + 3,34 z$	0,0199	0,6225	63,7778	0,6442	4,4078
	Con Factor de Ponderación $1/dap^4 h^2$						
16D	Original (Grupo 17)	$V = 0,378 - 2,17 dap + 0,0282 h + 3,78 dap^2 + 0,360 dap^2 h$	0,0070	1,6278	127,5555	1,2884	19,4285
3qD	q (Grupo 18)	$V = -2,58 + 1,22 dap^2 + 0,118 daph + 0,335 dap^2 h + 2,63 q$	0,0030	1,0656	127,5555	1,2884	19,4285
8kD	k (Grupo 19)	$V = -0,163 + 1,76 dap^2 + 0,391 dap^2 h + 0,00932 k$	0,0070	1,6309	127,5555	1,2884	19,4285
17zD	z (Grupo 20)	$V = -2,27 + 1,69 dap^2 + 0,0543 h + 0,381 dap^2 h + 2,24 z$	0,0034	1,1255	127,5555	1,2884	19,4285

obtenido a partir de su *dap* y su altura. El valor mínimo corresponde al individuo número 13 ("Marupa"), el cual posee un *Ff* de 0,428.

Asimismo se halló el Factor de Forma promedio por especie, lo cual puede ser observado en el Cuadro 16. El valor máximo corresponde la especie "Cashimbo" con un *Ff* promedio de 0,78. Hay que tener en cuenta que de esta especie solo fueron muestreados dos individuos. El valor mínimo lo posee la especie "Sachavaca", con un factor de 0,64. Además en este cuadro se muestra el promedio del los Factores de Forma de todos los individuos del bosque analizado, el cual es de 0,69.

En ningún caso se puede observar que las especies posean un *Ff* igual al Factor de Forma 0,65 recomendado por INRENA en los Lineamientos para elaborar un plan de Manejo Forestal (INRENA, 2001).

En el Cuadro 17, se observa los Factores de Forma promedio por clase diamétrica de todas las especies analizadas. En este caso se puede observar que hay una reducción del *Ff* a medida que el diámetro se incrementa, corroborando lo que la teoría indica al respecto (Larson, 1963; citado por Barrera, 1990).

Existe una excepción a lo mencionado en el párrafo anterior pues la clase diamétrica con más de 90 cm de *dap*, en el que el factor de forma aumenta, lo cual se puede deber porque en esta clase solo se muestrearon tres individuos.

Todo lo analizado en este punto nos lleva a decir que se requieren más estudios de la forma de los fustes de árboles de especies amazónicas en el País.

Cuadro 16

Factor de Forma de los individuos analizados

Nº	Especie	Vol Cil.	Vol. arb.	Ff	Nº	Especie	Vol Cil.	Vol. arb.	Ff
1	Cumala roja	2,868	2,106	0,734	51	Cabeza de Mono	3,779	2,055	0,544
2	Moena	1,584	1,206	0,761	52	Marupa	5,132	3,142	0,612
3	Shihuahuaco	4,210	3,067	0,729	53	Marupa	2,776	2,032	0,732
4	Marupa	2,904	2,169	0,747	54	Tornillo	4,887	3,369	0,689
5	Sachavaca	5,543	2,863	0,517	55	Palta	1,272	1,026	0,807
6	Shaire pacae	2,251	1,329	0,590	56	Moena	2,177	2,166	0,995
7	Cumala blanca	3,031	2,405	0,793	57	Cabeza de Mono	1,804	1,333	0,739
8	Shaire pacae	3,635	2,683	0,738	58	Cumala roja	6,246	4,297	0,688
9	Sachavaca	10,036	4,559	0,454	59	Almendro	3,893	3,511	0,902
10	Cumala	3,572	2,126	0,595	60	Cabeza de Mono	1,951	1,527	0,783
11	Shaire pacae	2,337	1,177	0,504	61	Shaire pacae	5,964	5,173	0,867
12	Caimito	2,207	1,72	0,779	62	Shihuahuaco	3,089	2,178	0,705
13	Marupa	5,904	2,67	0,452	63	Palta	3,835	2,239	0,584
14	Shaire pacae	3,818	2,867	0,751	64	Shaire pacae	2,737	1,85	0,676
15	Cumala blanca	2,651	1,568	0,591	65	Cumala roja	2,787	1,594	0,572
16	Cashimbo	5,067	3,104	0,613	66	Shaire pacae	2,411	1,769	0,734
17	Moena	2,396	1,432	0,598	67	Hígado	3,405	2,869	0,843
18	Hígado	5,465	3,694	0,676	68	Sachavaca	1,622	1,027	0,633
19	Shaire pacae	5,78	2,782	0,481	69	Sachavaca	12,032	6,458	0,537
20	Marupa	2,392	1,514	0,633	70	Sachavaca	6,045	3,277	0,542
21	Sachavaca	3,266	2,326	0,712	71	Cumala roja	1,434	1,124	0,784
22	Cumala blanca	3,733	2,267	0,607	72	Cumala roja	3,376	1,901	0,563
23	Marupa	5,807	4,037	0,695	73	Sachavaca	9,186	6,071	0,661
24	Sachavaca	12,611	6,705	0,532	74	Shaire pacae	3,761	2,311	0,614
25	Sachavaca	6,094	3,376	0,554	75	Cabeza de Mono	5,367	3,346	0,623
26	Cumala roja	3,971	2,784	0,701	76	Marupa	4,234	2,362	0,558
27	Shaire pacae	4,032	2,741	0,680	77	Cumala roja	4,511	2,632	0,583
28	Sachavaca	8,019	5,621	0,701	78	Sachavaca	11,057	8,393	0,759
29	Cumala roja	8,867	7,501	0,846	79	Caimito	6,865	5,109	0,744
30	Shihuahuaco	3,134	2,205	0,704	80	Marupa	2,978	2,389	0,802
31	Sachavaca	3,676	2,799	0,761	81	Sachavaca	4,600	2,466	0,536
32	Huayruro	3,737	2,476	0,663	82	Caimito	3,615	1,917	0,530
33	Shaire pacae	2,16	1,616	0,748	83	Almendro	4,300	3,14	0,730
34	Shaire pacae	2,500	1,684	0,674	84	Shaire pacae	2,608	2,09	0,801
35	Sachavaca	11,086	7,729	0,697	85	Cumala roja	2,628	2,373	0,903
36	Shaire pacae	5,019	3,22	0,642	86	Huayruro	2,895	2,162	0,747
37	Sachavaca	5,992	4,193	0,700	87	Cumala	0,793	0,691	0,871
38	Sachavaca	12,341	7,181	0,582	88	Copaiba	1,224	0,942	0,770
39	Cumala roja	1,452	1,257	0,866	89	Almendro	1,805	1,522	0,843
40	Almendro	8,545	4,665	0,546	90	Marupa	1,287	1,045	0,812
41	Sachavaca	7,990	6,842	0,856	91	Shaire pacae	1,250	1,014	0,811
42	Cumala roja	5,084	2,851	0,561	92	Marupa	1,663	1,161	0,698
43	Palta	3,499	2,134	0,610	93	Marupa	0,673	0,496	0,737
44	Copaiba	1,783	1,305	0,732	94	Moena	1,506	1,068	0,709
45	Copaiba	3,205	2,361	0,737	95	Cashimbo	0,888	0,856	0,964
46	Tornillo	11,966	9,517	0,795	96	Cumala	1,082	0,951	0,879
47	Almendro	4,585	2,757	0,601	97	Marupa	1,755	1,234	0,703
48	Marupa	2,227	2,181	0,979	98	Almendro	2,998	1,708	0,570
49	Marupa	3,292	1,995	0,606	99	Cumala blanca	1,633	1,27	0,778
50	Sachavaca	6,701	5,661	0,845	100	Cumala	2,213	1,201	0,543

Cuadro 17 Factor de Forma de las especies comerciales del área de estudio

Especie	n	Ff
Sachavaca	18	0,643
Shaire Pacae	15	0,687
Marupa	14	0,697
Cumala Roja	11	0,709
Almendro	6	0,699
Cabeza de Mono	4	0,672
Cumala	4	0,722
Cumala blanca	4	0,692
Caimito	3	0,684
Copaiba	3	0,746
Palta	3	0,667
Shihuahuaco	3	0,712
Tornillo	2	0,742
Cashimbo	2	0,788
Hígado	2	0,759
Huayruro	2	0,705
Moena	4	0,766
Total	100	
Promedio		0,695

Cuadro 18 Factor de Forma por Clase Diamétrica

Clase Diamétrica	n	Ff
[30-40[	8	0,809
[40-50[	22	0,730
[50-60[	31	0,682
[60-70[	16	0,668
[70-80[	13	0,665
[80-90[	7	0,624
[90<	3	0,697
Total	100	

5. CONCLUSIONES

a. La ecuación de volumen que mejor estima el stock maderable comercial del bosque de Terrazas Altas del Codo del Pozuzo es:

$$V = -3,68 + 1,56 \text{ dap} + 0,0405 h + 0,433 \text{ dap}^2 h + 3,28 q$$

b. Dado los parámetros que se miden en los inventarios forestales en el país, las ecuaciones alternas son:

$$V = 0,207 + 0,485 \text{ dap}^2 h$$

$$V = 0,257 + 0,485 \text{ dap}^2 h - 0,00172k$$

c. La estimación del volumen se mejora agregando cocientes o índices de forma en las ecuaciones de volumen.

d. El análisis de regresión ponderada mejora las estimaciones de volumen del stock maderable comercial en el bosque de Terrazas Altas del Codo del Pozuzo, según los datos utilizados en el presente estudio.

e. El Factor de Forma presenta una gran variabilidad en función de tamaños de individuos y especies.

f. De acuerdo a los Factores de Forma encontrados, la especie "Cashimbo" es la que presenta mayor cilindridad mientras que la especie "Sachavaca" es en promedio la más ahusada.

g. Se constató que la cilindridad de los individuos disminuye con el aumento de tamaño de los mismos.

h. La mayoría de las especies, a excepción de la especie "Sachavaca", tiene un Factor de Forma mayor al dispuesto por el INRENA para especies comerciales.

RECOMENDACIONES

Si bien el cociente de forma q fue el mejor parámetro dendrométrico para estimar el volumen del stock maderable del bosque estudiado, se recomienda probar otros cocientes e índices de forma en otros bosques naturales, dado las diferencias existentes entre las áreas boscosas del país.

Se recomienda usar el método de los Mínimos Cuadrados Ponderados en la elaboración de ecuaciones de volumen.

Se recomienda estudiar diferentes Factores de Ponderación en la elaboración de ecuaciones de volumen en las diferentes áreas boscosas del país.

Se recomienda usar el Índice de Furnival para comparar ecuaciones de regresión ponderada.

Si se desea utilizar un Factor de Forma para la obtención de volúmenes individuales, se recomienda hacer un estudio más profundo para cada especie o grupo de especies y para cada clase diamétrica.

Se recomienda hacer más estudios semejantes al presente en otros bosques; los cuales son de mucha ayuda en la estimación del volumen y, por ende, en la logística de la empresa propietaria del bosque.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRENA, V. 1990. Estimaciones del volumen de árboles de la Amazonia Peruana a partir de ecuaciones de ahusamiento. Traducción al Castellano. Tesis presentada a la Escuela de Graduados de la Universidad Laval para la obtención del Grado de Maestro en Ciencias Forestales. Facultad de Forestería y Geodesia. Québec, Canadá 116 p.
- BARRENA, V.; DANCÉ, J.; SÁENZ, D. 1986. Metodología para la selección de ecuaciones de volumen. *Revista Forestal del Perú* 13(2): 3-12.
- BARRENA, V. 1988. La regresión ponderada en la elaboración de ecuaciones de volumen. *Revista Forestal del Perú* 15(2): 21-28
- BARRENA, V.; GARNICA, C.; OCAÑA, J. 2006. Evaluación de las existencias comerciales y estrategia para el manejo sostenible de la caoba (*Swietenia macrophylla*) en el Perú. Instructivo de campo. Brigada de forma y volumen. Proyecto UNALM-ITTO. 15 p.
- BAUTISTA, C. 2000. Estimación del volumen de un rodal cultivado usando índices de forma. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 63 p.
- BRUCE, D.; SHUMACHER, F. 1965. *Medición Forestal*. Mc. Graw Hill Book Company. New York. Primera Edición en Español. 474 p.
- CAILLIEZ, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. No 22.1 FAO Montes. Roma. 92 p.

CESVI, 2005. Modelo de aprovechamiento forestal sostenible y las empresas concesionarias. Unión Europea. 125 p.

CUNIA. 1979. On Tree Biomass Tables and Regression. Some Statistical Comments. Forest Resource Inventories. Workshop Proceedings. Colorado State University. II 629-642 p.

CHECHI, E; MOSCOVICH, F; FASSOLA, H; HENNIG, A; HAMPEL, H; DOMECCQ, C; MALETTI, C. 2005. Tabla de volúmen para *Grevillea Robusta A.* En Misiones, Argentina. Décimas Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales – Facultad De Ciencias Forestales - UNAM - EEA Montecarlo - INTA – Eldorado, Misiones, Argentina. 10 p. Disponible En:
www.inta.gov.ar/montecarlo/info/documentos/forestales/crechigrevillea.pdf

FAO, 1981. Manual of Forest Inventory. Forestry Paper. N° 27. Roma. 200 p.

FLORES, C. 1995. Ecuación de Volumen de una población ribereña de *Cederla odorata* en Madre de Dios. Perú. Revista Forestal del Perú 22(1-2): 15-26

FURNIVAL, G. 1961. An Index for comparing equations used in constructing volumes tables. Forest Science 7(4) 337-341.

GAILLARD DE BENÍTEZ, C. 1994. Funciones para estimar el volumen comercial de árboles en dependencia del diámetro y la altura total en cuatro especies del bosque chaqueño seco. Revista Quebracho, (2): 71-74. Disponible en:
http://fcf.unse.edu.ar/pdf/Quebracho/q2_09.pdf.

- INEI. 1993. IX Censo Nacional de población y vivienda. Perú. Sistema de recuperación de datos. Lima-Perú.
- INRENA. 2001. Lineamientos para elaborar el plan general de manejo forestal (PGMF) para concesiones forestales con fines maderables. 33 p.
- INRENA. 1994. Mapa Ecológico del Perú. Lima-Perú.
- INRENA. 1994. Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa. Lima-Perú. 220 p.
- INRENA. 1995. Mapa Forestal del Perú. Lima –Perú
- INRENA. 1995. Mapa Forestal del Perú. Memoria explicativa. Lima –Perú. 129 p.
- LOJÁN , L. 1965. Apuntes del curso de Dasometría. (Mediciones de árboles individuales). Parte I. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba-Costa Rica.106 p.
- LOJÁN , L. 1966. Una fórmula para estimar volúmenes en un bosque tropical húmedo. Turrialba, Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas. 16 (1): 67-72. Costa Rica.
- LÓPEZ, M.; COTRINA, D.; DIEZ CANSECO, D.; OCAÑA, V.; RUIZ, R. 2006. Informe Técnico del Censo del Fundo MATROSAC. Codo del Pozuzo. 25 p.
- MACHADO, E.; PEREIRA, A; RIOS, N. 2003. Tabla de Volumen para *Buchenavia capitata*. *Quebracho*, (10): 76-82.

- MACKAY, J. 1964. Dasometría. Teoría y técnica de las mediciones forestales. Escuela superior de montes. Madrid-España. 760 p.
- MALLEUX, J.; DANCÉ, J. 1976. Informe sobre la evaluación exploratoria del recurso forestal. Proyecto: Complejo maderero Pucallpa. Inventario Forestal. UNALM. Cap. IV 55-160 p.
- MALLEUX, J.; MONTENEGRO, E. 1971. Manual de Dasometría. Proyecto FAO/UNDP N° 116. Universidad Nacional Agraria La Molina. Dpto. Manejo Forestal. Lima. 216 p.
- MORA, F; GÓMEZ, M. 2003. Ecuaciones y tablas de volumen para Árboles Individuales en Plantaciones de Teca (*Tectona grandis* Linn.) en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica. 22 p. Disponible en: <http://www.una.ac.cr/inis/discusion>.
- MORET, A; RUÍZ, P. 1998. Determinación de ecuaciones de volumen Para "Mureillo" (*Erismia uncinatum*) en la Unidad c4 de la reserva forestal Imataca, Bolívar – Venezuela. Revista Forestal Venezolana. 42 (2): 187-197.
- OJEDA, W. 1977. Inventario Forestal de los Bosques de San Gabán-Inambari. Puno. Ministerio de Agricultura. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre. Sub-Dirección de Evaluación Forestal. 31 p.
- OJEDA, W. 1982. Factor de Forma preliminar para seis familias de especies forestales tropicales. Revista Forestal del Perú 11(1-2): 95-100

- OJEDA, W.; TERRAZAS, A. 1987. Estimación de volúmenes maderables en bosques mixtos tropicales mediante la utilización de fotografías aéreas. *Revista Forestal del Perú* 14(1): 15-31
- ONERN. 1981. Mapa de capacidad de uso mayor de la tierra. Lima-Perú.
- ONERN. 1981. Mapa de capacidad de uso mayor de la tierra. Memoria Explicativa. Lima-Perú. 113 p.
- PECÉ, M.; GAILLARD DE BENITEZ, C.; RIOS, N. 1997. Tabla de Volumen para "Quebracho Colorado Santiagueño" (*Schinopsis quebracho-colorado*) utilizando el método de los Mínimos Cuadrados Ponderados. *Revista Quebracho*, (5): 41-50.
- PECE DE RÍOS, M. 1994. Tabla de volumen comercial para *Eucalyptus pellita* utilizando el método de la razón volumétrica. *Revista Quebracho*, (2): 54-63. Disponible en: www.fcf.unse.edu.ar/pdf/quebracho/q2_07.pdf
- PHILIP, M. 1994. *Measuring Trees and Forests*. Segunda Edición. CAB INTERNATIONAL. United Kingdom. 310 p.
- PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. 1997. *Mensura Forestal*. Proyecto IICA/GTZ sobre agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo sostenible. San José de Costa Rica. 561 p.
- SALAS, C.; NIETO, L.; ISIARRI, A. 2005. Modelos de volumen para *Pinus pinaster* Ait. en la Comarca del Baixo Miño, Galicia, España. *Revista Quebracho*, (12): 11-22.

SILVA, J.;POKORNY, B.; SABOLGAL, C.; CAVALHO, J. 2006. Alianza para un buen Manejo Forestal. Actualidad Forestal Tropical. 14(4): 10-13.

Web Sites Consultados:

www.cododelpozuzo.com

www.prodapp.gob.pe/pogramas/cododelpozuzo.html

www.refolasa.com

www.inei.gob.pe

www.mtc.gob.pe

www.wikipedia.com

ANEXO 1

MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA q (GRUPO 2)

N°	Modelos con Cociente q
1 q	$V = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h + b_5 q$
2 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
3 q	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
4 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 q$
5 q	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 q$
6 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 q$
7 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h + b_3 q$
8 q	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h + b_3 q$
9 q	$V = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h + b_3 q$
10 q	$V = b_0 + b_1 h + b_2 daph + b_3 q$
11 q	$V = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h + b_3 q$
12 q	$V = b_0 + b_1 daph + b_2 q$
13 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 q$
14 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h + b_6 q$
15 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
16 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
17 q	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
18 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h + b_4 q$
19 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h + b_4 q$
20 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
21 q	$V = b_0 + b_1 dap^2 h + b_2 q$
22 q	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 q$
23 q	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 q$
24 q	$V = b_0 + b_1 h + b_2 q$

ANEXO 2

MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES QUE CONTIENEN EL INDICE DE FORMA k (GRUPO 3)

N°	Modelos con índice k
1k	$V = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h + b_5 k$
2k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 k$
3k	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 k$
4k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 k$
5k	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 k$
6k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 k$
7k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h + b_3 k$
8k	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h + b_3 k$
9k	$V = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h + b_3 k$
10k	$V = b_0 + b_1 h + b_2 daph + b_3 k$
11k	$V = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h + b_3 k$
12k	$V = b_0 + b_1 daph + b_2 k$
13k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 k$
14k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h + b_6 k$
15k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 k$
16k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 k$
17k	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 k$
18k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h + b_4 k$
19k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h + b_4 k$
20k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 k$
21k	$V = b_0 + b_1 dap^2 h + b_2 k$
22k	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 k$
23k	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 k$
24k	$V = b_0 + b_1 h + b_2 k$

ANEXO 3

MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA z (GRUPO 4)

N°	Modelos con Cociente z
1z	$V = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h + b_5 z$
2z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 z$
3z	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 z$
4z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 z$
5z	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 z$
6z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 z$
7z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h + b_3 z$
8z	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h + b_3 z$
9z	$V = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h + b_3 z$
10z	$V = b_0 + b_1 h + b_2 daph + b_3 z$
11z	$V = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h + b_3 z$
12z	$V = b_0 + b_1 daph + b_2 z$
13z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 z$
14z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h + b_6 z$
15z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 z$
16z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 z$
17z	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 z$
18z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h + b_4 z$
19z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h + b_4 z$
20z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 z$
21z	$V = b_0 + b_1 dap^2 h + b_2 z$
22z	$V = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 z$
23z	$V = b_0 + b_1 dap + b_2 z$
24z	$V = b_0 + b_1 h + b_2 z$

ANEXO 4

MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2$ (GRUPO 5)

N°	Modelos Originales Ponderados con $1/dap^2$ (A)
1A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h$
2A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h$
3A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h$
4A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2$
5A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h$
6A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 h$
7A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h$
8A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h$
9A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h$
10A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 h + b_2 daph$
11A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h$
12A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 daph$
13A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph$
14A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h$
15A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h$
16A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h$
17A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h$
18A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h$
19A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h$
20A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h$
21A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 h$
22A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2$
23A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap$
24A	$V / dap^2 = b_0 + b_1 h$

ANEXO 5

MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2$ (GRUPO 6)

N°	Modelos q Ponderados con $1/dap^2$ (A)
1qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h + b_5 q$
2qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
3qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
4qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 q$
5qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 q$
6qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 q$
7qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h + b_3 q$
8qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h + b_3 q$
9qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h + b_3 q$
10qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 h + b_2 daph + b_3 q$
11qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h + b_3 q$
12qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 daph + b_2 q$
13qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 q$
14qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h + b_6 q$
15qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
16qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
17qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
18qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h + b_4 q$
19qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h + b_4 q$
20qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
21qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 h + b_2 q$
22qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 q$
23qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 q$
24qA	$V / dap^2 = b_0 + b_1 h + b_2 q$

ANEXO 6

MODELOS QUE CONTIENEN EL ÍNDICE DE FORMA k PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2$ (GRUPO 7)

N°	Modelos k Ponderados con $1/dap^2$ (A)
1kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1h + b_2dap^2 + b_3daph + b_4dap^2h + b_5k$
2kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2h + b_4k$
3kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2daph + b_3dap^2h + b_4k$
4kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3k$
5kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3k$
6kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3k$
7kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2h + b_3k$
8kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h + b_3k$
9kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1h + b_2dap^2h + b_3k$
10kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1h + b_2daph + b_3k$
11kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1daph + b_2dap^2h + b_3k$
12kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1daph + b_2k$
13kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3daph + b_4k$
14kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4h + b_5dap^2h + b_6k$
15kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5k$
16kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5k$
17kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3dap^2h + b_4k$
18kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3dap^2h + b_4k$
19kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3h + b_4k$
20kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2h + b_4k$
21kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2h + b_2k$
22kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2k$
23kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2k$
24kA	$V/dap^2 = b_0 + b_1h + b_2k$

ANEXO 7

MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2$ (GRUPO 8)

N°	Modelos z Ponderados con $1/dap^2$ (A)
1zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1h + b_2dap^2 + b_3daph + b_4dap^2h + b_5z$
2zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2h + b_4z$
3zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2daph + b_3dap^2h + b_4z$
4zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3z$
5zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3z$
6zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3z$
7zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2h + b_3z$
8zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h + b_3z$
9zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1h + b_2dap^2h + b_3z$
10zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1h + b_2daph + b_3z$
11zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1daph + b_2dap^2h + b_3z$
12zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1daph + b_2z$
13zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3daph + b_4z$
14zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4h + b_5dap^2h + b_6z$
15zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5z$
16zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5z$
17zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3dap^2h + b_4z$
18zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3dap^2h + b_4z$
19zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3h + b_4z$
20zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2h + b_4z$
21zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2h + b_2z$
22zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2z$
23zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1dap + b_2z$
24zA	$V/dap^2 = b_0 + b_1h + b_2z$

ANEXO 8

MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4$ (GRUPO 9)

N°	Modelos Originales Ponderados con $1/dap^4$ (B)
1B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h$
2B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h$
3B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h$
4B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2$
5B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h$
6B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 h$
7B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h$
8B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h$
9B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h$
10B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 daph$
11B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h$
12B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 daph$
13B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph$
14B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h$
15B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h$
16B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h$
17B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h$
18B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h$
19B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h$
20B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h$
21B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 h$
22B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2$
23B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap$
24B	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h$

ANEXO 9

MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4$ (GRUPO 10)

Nº	Modelos q Ponderados con $1/dap^4$ (B)
1qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h + b_5 q$
2qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
3qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
4qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 q$
5qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 q$
6qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 q$
7qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h + b_3 q$
8qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h + b_3 q$
9qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h + b_3 q$
10qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 daph + b_3 q$
11qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h + b_3 q$
12qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 daph + b_2 q$
13qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 q$
14qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h + b_6 q$
15qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
16qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
17qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
18qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h + b_4 q$
19qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h + b_4 q$
20qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
21qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 h + b_2 q$
22qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 q$
23qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 q$
24qB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 q$

ANEXO 10

MODELOS QUE CONTIENEN EL ÍNDICE DE FORMA k PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4$ (GRUPO 11)

N°	Modelos k Ponderados con $1/dap^4$ (B)
1kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h + b_5 k$
2kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 k$
3kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 k$
4kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 k$
5kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 k$
6kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 k$
7kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h + b_3 k$
8kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h + b_3 k$
9kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h + b_3 k$
10kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 daph + b_3 k$
11kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h + b_3 k$
12kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 daph + b_2 k$
13kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 k$
14kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h + b_6 k$
15kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 k$
16kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 k$
17kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 k$
18kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h + b_4 k$
19kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h + b_4 k$
20kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 k$
21kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 h + b_2 k$
22kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 k$
23kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 dap + b_2 k$
24kB	$V / dap^4 = b_0 + b_1 h + b_2 k$

ANEXO 11

MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4$ (GRUPO 12)

Nº	Modelos z Ponderados con $1/dap^4$ (B)
1zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1h + b_2dap^2 + b_3daph + b_4dap^2h + b_5k$
2zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2h + b_4k$
3zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap^2 + b_2daph + b_3dap^2h + b_4k$
4zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3k$
5zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3k$
6zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3k$
7zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2h + b_3k$
8zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h + b_3k$
9zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1h + b_2dap^2h + b_3k$
10zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1h + b_2daph + b_3k$
11zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1daph + b_2dap^2h + b_3k$
12zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1daph + b_2k$
13zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3daph + b_4k$
14zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4h + b_5dap^2h + b_6k$
15zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5k$
16zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5k$
17zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3dap^2h + b_4k$
18zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3dap^2h + b_4k$
19zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3h + b_4k$
20zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2h + b_4k$
21zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap^2h + b_2k$
22zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap^2 + b_2k$
23zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1dap + b_2k$
24zB	$V/dap^4 = b_0 + b_1h + b_2k$

ANEXO 12

MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR

1/dap²h (GRUPO 13)

N°	Modelos Originales Ponderados con <i>1/dap²h</i> (C)
1C	$V / dap^2h = b_0 + b_1h + b_2dap^2 + b_3daph + b_4dap^2h$
2C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2h$
3C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2daph + b_3dap^2h$
4C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2$
5C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2h$
6C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2h$
7C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2h$
8C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h$
9C	$V / dap^2h = b_0 + b_1h + b_2dap^2h$
10C	$V / dap^2h = b_0 + b_1h + b_2daph$
11C	$V / dap^2h = b_0 + b_1daph + b_2dap^2h$
12C	$V / dap^2h = b_0 + b_1daph$
13C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3daph$
14C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4h + b_5dap^2h$
15C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4dap^2h$
16C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2 + b_4dap^2h$
17C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3dap^2h$
18C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3dap^2h$
19C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3h$
20C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2h$
21C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2h$
22C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2$
23C	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap$
24C	$V / dap^2h = b_0 + b_1h$

ANEXO 13

MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2 h$ (GRUPO 14)

N°	Modelos q Ponderados con $1/dap^2 h$ (C)
1qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h + b_5 q$
2qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
3qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
4qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 q$
5qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 q$
6qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 q$
7qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h + b_3 q$
8qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h + b_3 q$
9qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h + b_3 q$
10qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 h + b_2 daph + b_3 q$
11qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h + b_3 q$
12qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 daph + b_2 q$
13qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 q$
14qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h + b_6 q$
15qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
16qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
17qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
18qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h + b_4 q$
19qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h + b_4 q$
20qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
21qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap^2 h + b_2 q$
22qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 q$
23qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 dap + b_2 q$
24qC	$V/dap^2 h = b_0 + b_1 h + b_2 q$

ANEXO 14

MODELOS QUE CONTIENEN EL ÍNDICE DE FORMA k PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2h$ (GRUPO 15)

N°	Modelos Ponderados con $1/dap^2h$ (C)
1kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1h + b_2dap^2 + b_3daph + b_4dap^2h + b_5k$
2kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2h + b_4k$
3kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2daph + b_3dap^2h + b_4k$
4kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3k$
5kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3k$
6kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3k$
7kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2h + b_3k$
8kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h + b_3k$
9kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1h + b_2dap^2h + b_3k$
10kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1h + b_2daph + b_3k$
11kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1daph + b_2dap^2h + b_3k$
12kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1daph + b_2k$
13kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3daph + b_4k$
14kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4h + b_5dap^2h + b_6k$
15kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5k$
16kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5k$
17kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3dap^2h + b_4k$
18kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3dap^2h + b_4k$
19kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3h + b_4k$
20kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2h + b_4k$
21kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap^2h + b_2k$
22kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2k$
23kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2k$
24kC	$V/dap^2h = b_0 + b_1h + b_2k$

ANEXO 15

MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2h$ (GRUPO 16)

N°	Modelos z Ponderados con $1/dap^2h$ (C)
1zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1h + b_2dap^2 + b_3daph + b_4dap^2h + b_5z$
2zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2h + b_4z$
3zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2daph + b_3dap^2h + b_4z$
4zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3z$
5zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3z$
6zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3z$
7zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2h + b_3z$
8zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h + b_3z$
9zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1h + b_2dap^2h + b_3z$
10zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1h + b_2daph + b_3z$
11zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1daph + b_2dap^2h + b_3z$
12zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1daph + b_2z$
13zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3daph + b_4z$
14zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4h + b_5dap^2h + b_6z$
15zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5z$
16zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5z$
17zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3dap^2h + b_4z$
18zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3dap^2h + b_4z$
19zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3h + b_4z$
20zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2h + b_4z$
21zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2h + b_2z$
22zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap^2 + b_2z$
23zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1dap + b_2z$
24zC	$V / dap^2h = b_0 + b_1h + b_2z$

ANEXO 16

MODELOS DE ECUACIONES ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR

*dap*4*h*2 (GRUPO 17)

N°	Modelos Originales Ponderados con $1/dap^4h^2$ (D)
1D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1h + b_2dap^2 + b_3daph + b_4dap^2h$
2D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2h$
3D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2daph + b_3dap^2h$
4D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2$
5D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h$
6D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2h$
7D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2h$
8D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h$
9D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1h + b_2dap^2h$
10D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1h + b_2daph$
11D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1daph + b_2dap^2h$
12D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1daph$
13D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3daph$
14D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4h + b_5dap^2h$
15D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4dap^2h$
16D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2 + b_4dap^2h$
17D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3dap^2h$
18D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3dap^2h$
19D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3h$
20D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2h$
21D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2h$
22D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2$
23D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap$
24D	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1h$

ANEXO 17

MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4 h^2$ (GRUPO 18)

N°	Modelos q Ponderados con $1/dap^4 h^2$ (D)
1qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 dap^2 h + b_5 q$
2qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
3qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 daph + b_3 dap^2 h + b_4 q$
4qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 q$
5qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 q$
6qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 q$
7qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 h + b_3 q$
8qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 dap^2 h + b_3 q$
9qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 h + b_2 dap^2 h + b_3 q$
10qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 h + b_2 daph + b_3 q$
11qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 daph + b_2 dap^2 h + b_3 q$
12qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 daph + b_2 q$
13qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 daph + b_4 q$
14qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 h + b_5 dap^2 h + b_6 q$
15qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 daph + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
16qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 + b_4 dap^2 h + b_5 q$
17qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
18qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 dap^2 h + b_4 q$
19qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 dap^2 + b_3 h + b_4 q$
20qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 h + b_3 dap^2 h + b_4 q$
21qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap^2 h + b_2 q$
22qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap^2 + b_2 q$
23qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 dap + b_2 q$
24qD	$V / dap^4 h^2 = b_0 + b_1 h + b_2 q$

ANEXO 18

MODELOS QUE CONTIENEN EL ÍNDICE DE FORMA k PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4h^2$ (GRUPO 19)

N°	Modelos Originales con $1/dap^4h^2$ (D)
1kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1h + b_2dap^2 + b_3daph + b_4dap^2h + b_5k$
2kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2h + b_5k$
3kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2daph + b_3dap^2h + b_5k$
4kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_5k$
5kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_5k$
6kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_5k$
7kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2h + b_5k$
8kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2dap^2h + b_5k$
9kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1h + b_2dap^2h + b_5k$
10kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1h + b_2daph + b_5k$
11kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1daph + b_2dap^2h + b_5k$
12kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1daph + b_5k$
13kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3daph + b_5k$
14kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4h + b_5dap^2h + b_5k$
15kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2daph + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5k$
16kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2 + b_4dap^2h + b_5k$
17kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2 + b_2h + b_3dap^2h + b_5k$
18kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3dap^2h + b_5k$
19kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2dap^2 + b_3h + b_5k$
20kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap + b_2h + b_3dap^2h + b_5k$
21kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2h + b_5k$
22kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap^2$
23kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1dap$
24kD	$V / dap^4h^2 = b_0 + b_1h$

ANEXO 19

MODELOS QUE CONTIENEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2h$ (GRUPO 20)

N°	Modelos z Ponderados con $1/dap^4h^2$ (D)
1zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1h+b_2dap^2+b_3daph+b_4dap^2h+b_5z$
2zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2daph+b_3dap^2h+b_4z$
3zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap^2+b_2daph+b_3dap^2h+b_4z$
4zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2dap^2+b_3z$
5zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap^2+b_2h+b_3z$
6zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2h+b_3z$
7zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2dap^2h+b_3z$
8zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap^2+b_2dap^2h+b_3z$
9zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1h+b_2dap^2h+b_3z$
10zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1h+b_2daph+b_3z$
11zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1daph+b_2dap^2h+b_3z$
12zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1daph+b_2z$
13zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2dap^2+b_3daph+b_4z$
14zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2daph+b_3dap^2+b_4h+b_5dap^2h+b_6z$
15zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2daph+b_3dap^2+b_4dap^2h+b_5z$
16zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2h+b_3dap^2+b_4dap^2h+b_5z$
17zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap^2+b_2h+b_3dap^2h+b_4z$
18zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2dap^2+b_3dap^2h+b_4z$
19zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2dap^2+b_3h+b_4z$
20zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2h+b_3dap^2h+b_4z$
21zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap^2h+b_2z$
22zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap^2+b_2z$
23zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1dap+b_2z$
24zD	$V/dap^4h^2=b_0+b_1h+b_2z$

ANEXO 20

MEDICIONES REALIZADAS

N°	Especie	Dis.	dap		0,3		2		4		6		8		10		12		14		16		18		20		22		P. C.										
			h	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X						
1	Cumala roja	10	13	52	54	53	65	55	60	55	50	53	55	45	50	45	45	40	40	40	40	40	40									40	40	40					
2	Moena	10	12,0	43	39	41	40	40	40	37,5	38	38	38	38	38	35	35	35	35	35	35	35											35	35	35				
3	Shihuahuaco	10	16,5	52	62	57	55	70	63	50	55	53	50	55	53	50	55	53	45	50	48	45	50	48	40	45	43	40	45	43				40	45	43			
4	Marupa	12,5	14,5	50	51	51	50	57	53	46,9	50	48	47	47	47	44	44	44	44	41	42	44	38	41	44	38	41	44	38	41				44	38	41			
5	Sachavaca	10	14,0	65	77	71	75	80	78	57,5	65	61	55	45	50	55	45	50	53	40	46	50	40	45	50	40	45								50	40	45		
6	Shaire pacae	10	15,5	40	46	43	45	50	48	35	40	38	30	40	35	30	40	35	30	35	33	30	30	30	30	30	30	25	30	28				25	25	25			
7	Cumala blanca	15	14,0	53	53	53	60	60	60	52,5	53	53	53	49	51	53	45	49	45	45	45	45	41	43	41	41	41								38	38	38		
8	Shaire pacae	10;20	14,0	55	60	58	55	80	68	50	60	55	45	60	53	45	55	50	40	50	45	40	50	45	40	50	45								40	50	45		
9	Sachavaca	15	16,5	92	84	88	113	90	101	82,5	75	79	53	60	56	53	60	56	53	60	56	53	60	56	45	53	49	45	53	49	45	53	49				45	45	45
10	Cumala	15	16,5	53	53	53	60	68	64	52,5	53	53	53	45	49	45	41	43	38	38	38	38	30	34	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
11	Shaire pacae	15	16,0	45	41	43	45	45	45	45	30	38	38	30	34	38	30	34	30	23	26	30	23	26	30	23	26	30	23	26				26	23	24			
12	Caimito	15;12,5	13,5	41	50	46	53	56	54	41,3	44	43	41	44	43	41	44	43	41	38	39	38	38	38	34	34	34								34	34	34		
13	Marupa	10	14,5	83	61	72	55	60	58	50	55	53	45	55	50	45	50	48	45	50	48	45	50	48	45	50	48	45	45	45				45	45	45			
14	Shaire pacae	10	15,5	60	52	56	50	65	58	50	55	53	50	55	53	45	55	50	45	55	50	45	50	48	40	50	45	40	45	43				40	45	43			
15	Cumala blanca	10	13,5	57	43	50	50	50	50	50	45	48	45	40	43	35	38	36	35	38	36	30	38	34	30	35	33								25	35	30		
16	Cashimbo	10	16,0	61	66	64	55	60	55	55	53	55	53	55	54	50	50	50	50	50	50	50	50	50	48	45	46	48	45	46				45	45	45			
17	Moena	10	16,5	41	45	43	45	40	43	35	40	38	35	40	38	35	35	35	33	35	34	33	30	31	30	30	30	28	30	29	28	30	29				28	30	29
18	Higado	13	14,0	71	70	71	81	75	78	75	69	72	56	59	58	50	59	55	50	59	55	50	59	55	44	56	50								47	56	52		
19	Shaire pacae	10	14,0	70	75	73	75	70	73	65	55	60	50	55	53	50	50	50	45	50	48	45	45	45	45	40	43								40	40	40		
20	Marupa	10	13,5	52	43	48	48	50	49	45	35	40	45	35	40	45	35	40	38	35	36	38	35	36	35	30	33								35	30	33		
21	Sachavaca	13	14,0	51	58	55	50	55	53	50	50	50	47	50	48	47	47	47	47	44	45	47	44	45	47	41	44								41	38	39		

Continúa ...

...Viene

N°	Especie	Dis.	dap		0,3		2		4		6		8		10		12		14		16		18		20		22		P. C.											
			h	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X	L1	L2	X							
22	Cumala blanca	10	16,0	61	48	55	70	60	65	50	45	48	50	40	45	50	40	45	45	40	43	35	40	38	35	38	36	35	38	36	35	38	36							
23	Marupa	10	17,5	66	64	65	65	65	60	55	58	60	55	58	55	55	55	55	55	50	55	53	50	55	53	50	55	53	50	55	53	50	55	53						
24	Sachavaca	15	20,5	95	82	89	98	83	90	90	68	79	75	68	71	75	68	71	68	68	60	60	60	56	58	60	56	58	56	56	56	56	56	54	53	56	54			
25	Sachavaca	10	15,5	73	69	71	75	75	75	70	55	63	55	50	53	50	50	50	50	50	50	50	50	50	45	50	48							45	45	45				
26	Cumala roja	10	18,0	52	54	53	60	60	60	55	55	55	55	45	50	45	45	45	40	43	45	40	43	40	40	40	38	40	39	38	40	39		38	40	39				
27	Shaire pacae	10	14,5	65	54	60	55	65	60	55	50	53	50	50	50	50	45	50	48	45	50	48	45	50	48	45	48	46						45	48	46				
28	Sachavaca	10;15	17,0	80	75	78	75	83	79	75	75	75	70	75	73	70	68	69	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	58	60	59		
29	Cumala roja	13	16,0	88	80	84	88	88	88	81,3	88	84	81	88	84	81	88	84	75	81	78	75	75	69	75	72	63	75	69						56	72	64			
30	Shihuahuaco	10	12,5	57	56	57	50	65	58	45	50	48	45	50	48	45	50	48	45	50	48	45	45	45	45									45	45	45				
31	Sachavaca	10	13,0	64	56	60	70	50	60	60	50	55	55	50	53	55	50	53	55	50	53	53	50	51	53	50	51							53	47	50				
32	Huayruro	10;15	13,0	56	65	61	55	68	61	50	60	55	40	60	50	40	56	48	40	56	48	40	53	46	40	53	46							40	49	44				
33	Shaire pacae	10	13	48	44	46	55	55	55	40	45	43	40	40	40	40	40	38	40	39	38	38	35	35	35									35	35	35				
34	Shaire pacae	10	12	54	49	52	50	50	50	45	45	45	45	45	45	40	45	43	40	40	40	40	40											38	40	39				
35	Sachavaca	12,5	24	76	79	78	81	81	81	81,3	69	75	69	63	66	69	63	66	66	63	64	66	63	64	66	63	64	66	63	64	63	63	63	63	59	61	63	59	61	
36	Shaire pacae	10	13	66	77	72	70	75	73	55	70	63	55	60	58	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55		
37	Sachavaca	10	17	74	62	68	75	80	78	55	75	65	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	54		
38	Sachavaca	15;12,5	21	79	94	87	86	94	90	67,5	81	74	68	75	71	68	69	68	68	69	68	64	63	63	64	63	63	64	63	63	64	63	63	63	56	63	59	56	63	59
39	Cumala roja	10	14	40	34	37	40	40	40	40	35	38	35	35	35	35	35	35	35	35	35	33	33	33	33	33	33								33	30	31			
40	Almendro	10	17	86	74	80	70	65	68	70	60	65	70	60	65	55	60	58	55	60	58	55	60	58	55	60	58	55	60	58	55	60	58		55	60	58			
41	Sachavaca	12,5;10	22	62	74	68	81	65	73	75	60	68	75	60	68	75	60	68	75	60	68	69	60	64	69	60	64	69	60	64	69	60	64	56	55	56	56	55	56	
42	Cumala roja	10	14	68	68	68	65	65	65	55	60	58	50	55	53	45	55	50	45	55	50	45	55	50	40	50	45								40	50	45			
43	Palta	10	15	58	51	55	50	50	50	50	45	48	45	45	45	40	45	43	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40			
44	Copaiba	10	12	41	46	44	40	40	40	40	40	38	40	39	35	40	38	35	38	36	35	38	36												35	35	35			
45	Copaiba	12,5	16	47	54	51	44	56	50	43,8	50	47	44	47	45	44	47	45	44	47	45	38	44	41	38	44	41	38	44	41					38	44	41			
46	Tornillo	10	18	92	92	92	90	90	90	90	90	90	85	85	85	85	85	85	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80		
47	Almendro	10	12	72	68	70	65	70	68	55	60	58	55	55	55	55	55	55	50	55	53	50	50	50											50	50	50			
48	Marupa	10	14	45	45	45	55	55	55	45	50	48	45	50	48	40	50	45	40	50	45	43	35	45	40										35	45	40			
49	Marupa	10	16	53	51	52	50	55	53	40	45	43	40	45	43	40	40	40	40	40	40	40	35	40	38	35	38	36							35	38	36			
50	Sachavaca	10	14	76	83	80	85	75	80	85	75	80	75	75	75	75	75	70	73	71	70	73	71	70	70	70									68	68	68			

Continúa ... tinúa...

ANEXO 21

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES (GRUPO 1)

Modelo	Ecuaciones	CME
1	$V = - 0,364 + 0,093 h + 1,94 dap^2 - 0,198 daph + 0,529 dap^2h$	0,352
2	$V = 0,065 + 0,53 dap - 0,0233 daph + 0,493 dap^2h$	0,352
3	$V = 0,069 + 0,90 dap^2 + 0,0083 daph + 0,439 dap^2h$	0,351
4	$V = 2,40 - 9,52 dap + 16,5 dap^2$	0,655
5	$V = - 2,41 + 7,62 dap^2 + 0,175 h$	0,420
6	$V = - 5,10 + 9,22 dap + 0,179 h$	0,531
7	$V = - 0,061 + 0,660 dap + 0,465 dap^2h$	0,349
8	$V = 0,103 + 0,840 dap^2 + 0,450 dap^2h$	0,348
9	$V = 0,326 - 0,0126 h + 0,498 dap^2h$	0,350
10	$V = 0,364 - 0,209 h + 0,641 daph$	0,383
11	$V = 0,322 - 0,0399 daph + 0,529 dap^2h$	0,350
12	$V = - 1,24 + 0,481 daph$	0,531
13	$V = 2,00 - 10,7 dap + 12,5 dap^2 + 0,305 daph$	0,346
14	$V = 6,37 - 24,1 dap + 1,38 daph + 22,0 dap^2 - 0,356 h - 0,770 dap^2h$	0,346
15	$V = 1,56 - 7,71 dap + 0,197 daph + 8,95 dap^2 + 0,161 dap^2h$	0,348
16	$V = 0,770 - 4,49 dap + 0,0475 h + 6,02 dap^2 + 0,340 dap^2h$	0,349
17	$V = - 0,113 + 1,28 dap^2 + 0,0158 h + 0,419 dap^2h$	0,351
18	$V = 0,807 - 2,41 dap + 2,90 dap^2 + 0,441 dap^2h$	0,349
19	$V = 0,877 - 11,2 dap + 16,5 dap^2 + 0,179 h$	0,378
20	$V = 0,005 + 0,58 dap - 0,0032 h + 0,471 dap^2h$	0,353
21	$V = 0,191 + 0,490 dap^2h$	0,347
22	$V = - 0,424 + 8,92 dap^2$	0,682
23	$V = - 3,56 + 10,9 dap$	0,804
24	$V = - 2,20 + 0,356 h$	2,027

ANEXO 22

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES QUE INCLUYEN EL COCIENTE q (GRUPO 2)

Modelo	Ecuaciones	CME
1q	$V = - 6,17 + 0,0516 h + 2,60 dap^2 + 0,112 daph + 0,278 dap^2h + 5,94 q$	0,118
2q	$V = - 6,25 + 1,76 dap + 0,174 daph + 0,310 dap^2h + 5,97 q$	0,119
3q	$V = - 5,95 + 2,03 dap^2 + 0,226 daph + 0,228 dap^2h + 5,95 q$	0,117
4q	$V = - 1,83 - 5,94 dap + 14,2 dap^2 + 3,62 q$	0,569
5q	$V = - 8,41 + 8,14 dap^2 + 0,227 h + 6,17 q$	0,164
6q	$V = - 11,7 + 10,0 dap + 0,232 h + 6,58 q$	0,244
7q	$V = - 4,93 + 0,787 dap + 0,510 dap^2h + 5,53 q$	0,133
8q	$V = - 4,63 + 0,329 dap^2 + 0,523 dap^2h + 5,50 q$	0,134
9q	$V = - 5,05 + 0,0278 h + 0,523 dap^2h + 5,68 q$	0,131
10q	$V = - 5,38 - 0,183 h + 0,682 daph + 6,09 q$	0,133
11q	$V = - 5,23 + 0,114 daph + 0,432 dap^2h + 5,80 q$	0,127
12q	$V = - 7,15 + 0,547 daph + 6,51 q$	0,247
13q	$V = - 5,03 - 5,19 dap + 7,74 dap^2 + 0,380 daph + 5,92 q$	0,117
14q	$V = - 5,48 - 2,39 dap + 0,267 daph + 4,59 dap^2 + 0,007 h + 0,150 dap^2h + 5,92 q$	0,119
15q	$V = - 5,38 - 2,72 dap + 0,291 daph + 4,86 dap^2 + 0,132 dap^2h + 5,91 q$	0,117
16q	$V = - 6,60 + 1,43 dap + 0,0853 h + 1,47 dap^2 + 0,365 dap^2h + 5,94 q$	0,118
17q	$V = - 6,26 + 2,96 dap^2 + 0,0947 h + 0,341 dap^2h + 5,89 q$	0,117
18q	$V = - 6,38 + 5,02 dap - 4,00 dap^2 + 0,545 dap^2h + 5,82 q$	0,128
19q	$V = - 6,40 - 5,88 dap + 12,8 dap^2 + 0,227 h + 5,88 q$	0,154
20q	$V = - 6,82 + 2,67 dap + 0,0734 h + 0,397 dap^2h + 5,98 q$	0,117
21q	$V = - 4,62 + 0,539 dap^2h + 5,52 q$	0,134
22q	$V = - 3,85 + 9,50 dap^2 + 3,91 q$	0,576
23q	$V = - 7,63 + 11,8 dap + 4,33 q$	0,676
24q	$V = - 5,50 + 0,391 h + 3,40 q$	1,967

ANEXO 23

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES QUE INCLUYEN EL ÍNDICE k (GRUPO 3)

Modelo	Ecuaciones	CME
1k	$V = -0,373 + 0,021 h + 1,95 dap^2 - 0,08 daph + 0,464 dap^2 h + 0,014 k$	0,356
2k	$V = -0,76 + 1,87 dap - 0,105 daph + 0,531 dap^2 h + 0,0212 k$	0,354
3k	$V = -0,373 + 1,95 dap^2 - 0,041 daph + 0,444 dap^2 h + 0,0179 k$	0,352
4k	$V = -2,02 - 3,99 dap + 13,8 dap^2 + 0,0871 k$	0,445
5k	$V = -2,61 + 8,13 dap^2 + 0,148 h + 0,0157 k$	0,423
6k	$V = -5,43 + 9,79 dap + 0,155 h + 0,0137 k$	0,536
7k	$V = -0,32 + 1,02 dap + 0,454 dap^2 h + 0,0043 k$	0,353
8k	$V = -0,398 + 1,95 dap^2 + 0,403 dap^2 h + 0,0140 k$	0,349
9k	$V = 0,319 - 0,0241 h + 0,508 dap^2 h + 0,0047 k$	0,353
10k	$V = 0,288 - 0,566 h + 0,930 daph + 0,106 k$	0,355
11k	$V = 0,321 - 0,041 daph + 0,530 dap^2 h + 0,0001 k$	0,353
12k	$V = 0,114 + 0,473 daph - 0,0513 k$	0,426
13k	$V = 3,37 - 12,9 dap + 12,4 dap^2 + 0,380 daph - 0,0289 k$	0,344
14k	$V = 10,2 - 37,2 dap + 0,44 daph + 32,8 dap^2 + 0,472 h - 0,509 dap^2 h - 0,207 k$	0,345
15k	$V = 9,23 - 33,9 dap + 1,13 daph + 30,1 dap^2 - 0,815 dap^2 h - 0,106 k$	0,342
16k	$V = 9,80 - 35,9 dap + 0,705 h + 31,8 dap^2 - 0,246 dap^2 h - 0,246 k$	0,341
17k	$V = -0,373 + 1,95 dap^2 - 0,0239 h + 0,422 dap^2 h + 0,0224 k$	0,352
18k	$V = 0,29 - 2,27 dap + 3,84 dap^2 + 0,397 dap^2 h + 0,0132 k$	0,351
19k	$V = 6,41 - 23,6 dap + 21,3 dap^2 + 0,448 h - 0,154 k$	0,340
20k	$V = -0,76 + 1,86 dap - 0,0617 h + 0,474 dap^2 h + 0,0327 k$	0,354
21k	$V = 0,296 + 0,489 dap^2 h - 0,00380 k$	0,350
22k	$V = -3,31 + 10,7 dap^2 + 0,0903 k$	0,445
23k	$V = -7,34 + 13,3 dap + 0,0956 k$	0,547
24k	$V = 0,195 + 0,553 h - 0,206 k$	0,650

ANEXO 24

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES QUE INCLUYEN EL COCIENTE z (GRUPO 4)

Modelo	Ecuaciones	CME
1z	$V = - 5,32 + 0,167 h + 3,22 dap^2 - 0,145 daph + 0,401 dap^2h + 4,99 z$	0,146
2z	$V = - 4,53 + 0,927 dap + 0,177 daph + 0,315 dap^2h + 4,89 z$	0,155
3z	$V = - 4,47 + 1,34 dap^2 + 0,221 daph + 0,243 dap^2h + 4,90 z$	0,152
4z	$V = - 0,21 - 7,44 dap + 15,0 dap^2 + 2,59 z$	0,599
5z	$V = - 7,19 + 7,58 dap^2 + 0,236 h + 5,32 z$	0,186
6z	$V = - 10,1 + 9,24 dap + 0,242 h + 5,61 z$	0,271
7z	$V = - 3,26 + 0,003 dap + 0,517 dap^2h + 4,46 z$	0,168
8z	$V = - 3,26 - 0,251 dap^2 + 0,530 dap^2h + 4,49 z$	0,168
9z	$V = - 4,07 + 0,0479 h + 0,490 dap^2h + 4,84 z$	0,156
10z	$V = - 4,18 - 0,146 h + 0,632 daph + 5,01 z$	0,175
11z	$V = - 4,06 + 0,147 daph + 0,378 dap^2h + 4,86 z$	0,156
12z	$V = - 5,88 + 0,527 daph + 5,74 z$	0,243
13z	$V = - 3,04 - 7,14 dap + 8,70 dap^2 + 0,386 daph + 4,89 z$	0,145
14z	$V = - 4,83 - 1,71 dap - 0,033 daph + 4,64 dap^2 + 0,135 h + 0,309 dap^2h + 4,97 z$	0,147
15z	$V = - 2,94 - 7,92 dap + 0,414 daph + 9,61 dap^2 - 0,042 dap^2h + 4,91 z$	0,146
16z	$V = - 4,69 - 2,18 dap + 0,125 h + 5,03 dap^2 + 0,282 dap^2h + 4,97 z$	0,146
17z	$V = - 5,15 + 2,73 dap^2 + 0,110 h + 0,320 dap^2h + 5,00 z$	0,145
18z	$V = - 4,22 + 2,93 dap - 2,79 dap^2 + 0,542 dap^2h + 4,62 z$	0,167
19z	$V = - 4,72 - 7,71 dap + 13,7 dap^2 + 0,236 h + 5,08 z$	0,166
20z	$V = - 5,36 + 2,06 dap + 0,0834 h + 0,391 dap^2h + 4,99 z$	0,149
21z	$V = - 3,26 + 0,517 dap^2h + 4,46 z$	0,167
22z	$V = - 2,60 + 9,14 dap^2 + 2,82 z$	0,613
23z	$V = - 6,06 + 11,2 dap + 3,11 z$	0,721
24z	$V = - 7,19 + 0,418 h + 5,54 z$	1,791

ANEXO 25

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2$ (GRUPO 5)

Modelo	Ecuaciones	CME
1A	$V = 0,054 + 0,0373 h + 0,76 dap^2 - 0,105 daph + 0,531 dap^2 h$	0,675
2A	$V = 0,241 + 0,081 dap - 0,0247 daph + 0,511 dap^2 h$	0,670
3A	$V = 0,217 + 0,28 dap^2 - 0,0149 daph + 0,490 dap^2 h$	0,669
4A	$V = 1,38 - 5,95 dap + 13,5 dap^2$	1,392
5A	$V = - 1,73 + 7,32 dap^2 + 0,134 h$	0,902
6A	$V = - 3,89 + 8,22 dap + 0,133 h$	1,185
7A	$V = 0,127 + 0,198 dap + 0,480 dap^2 h$	0,664
8A	$V = 0,163 + 0,405 dap^2 + 0,468 dap^2 h$	0,663
9A	$V = 0,272 - 0,0073 h + 0,494 dap^2 h$	0,663
10A	$V = 0,361 - 0,182 h + 0,595 daph$	0,759
11A	$V = 0,274 - 0,0264 daph + 0,516 dap^2 h$	0,656
12A	$V = - 0,958 + 0,437 daph$	1,163
13A	$V = 1,73 - 9,66 dap + 11,9 dap^2 + 0,286 daph$	0,703
14A	$V = 2,83 - 10,6 dap + 0,597 daph + 10,1 dap^2 - 0,150 h - 0,079 dap^2 h$	0,667
15A	$V = 0,853 - 3,44 dap + 0,067 daph + 4,10 dap^2 + 0,358 dap^2 h$	0,671
16A	$V = 0,600 - 2,29 dap + 0,0142 h + 2,96 dap^2 + 0,426 dap^2 h$	0,665
17A	$V = 0,176 + 0,37 dap^2 - 0,0010 h + 0,471 dap^2 h$	0,669
18A	$V = 0,592 - 1,58 dap + 1,84 dap^2 + 0,463 dap^2 h$	0,666
19A	$V = 0,828 - 9,73 dap + 15,5 dap^2 + 0,145 h$	0,797
20A	$V = 0,264 + 0,02 dap - 0,0071 h + 0,493 dap^2 h$	0,656
21A	$V = 0,196 + 0,489 dap^2 h$	0,657
22A	$V = - 0,259 + 8,46 dap^2$	1,421
23A	$V = - 2,82 + 9,59 dap$	1,680
24A	$V = - 1,54 + 0,275 h$	4,418

ANEXO 26.

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2$ (GRUPO 6)

Modelo	Ecuaciones	CME
1qA	$V = - 4,50 + 0,0384 h + 2,05 dap^2 + 0,082 daph + 0,327 dap^2h + 4,37 q$	0,256
2qA	$V = - 4,53 + 1,26 dap + 0,137 daph + 0,349 dap^2h + 4,36 q$	0,257
3qA	$V = - 4,34 + 1,56 dap^2 + 0,174 daph + 0,285 dap^2h + 4,37 q$	0,255
4qA	$V = - 1,71 - 3,07 dap + 11,6 dap^2 + 2,55 q$	1,251
5qA	$V = - 6,49 + 7,93 dap^2 + 0,180 h + 4,74 q$	0,401
6qA	$V = - 9,20 + 9,09 dap + 0,179 h + 5,06 q$	0,625
7qA	$V = - 3,53 + 0,574 dap + 0,515 dap^2h + 3,96 q$	0,287
8qA	$V = - 3,32 + 0,131 dap^2 + 0,532 dap^2h + 3,94 q$	0,290
9qA	$V = - 3,76 + 0,0268 h + 0,521 dap^2h + 4,13 q$	0,276
10qA	$V = - 4,01 - 0,160 h + 0,638 daph + 4,51 q$	0,302
11qA	$V = - 3,88 + 0,105 daph + 0,433 dap^2h + 4,23 q$	0,268
12qA	$V = - 5,55 + 0,504 daph + 4,91 q$	0,599
13qA	$V = - 3,53 - 5,51 dap + 8,24 dap^2 + 0,349 daph + 4,41 q$	0,262
14qA	$V = - 4,52 + 0,04 dap + 0,079 daph + 2,02 dap^2 + 0,039 h + 0,329 dap^2h + 4,37 q$	0,258
15qA	$V = - 3,99 - 1,82 dap + 0,217 daph + 3,58 dap^2 + 0,216 dap^2h + 4,36 q$	0,256
16qA	$V = - 4,82 + 1,14 dap + 0,0609 h + 1,07 dap^2 + 0,396 dap^2h + 4,37 q$	0,256
17qA	$V = - 4,57 + 2,35 dap^2 + 0,0680 h + 0,375 dap^2h + 4,34 q$	0,254
18qA	$V = - 4,63 + 3,98 dap - 3,51 dap^2 + 0,550 dap^2h + 4,20 q$	0,275
19qA	$V = - 4,72 - 5,69 dap + 12,7 dap^2 + 0,183 h + 4,46 q$	0,368
20qA	$V = - 4,95 + 1,98 dap + 0,0534 h + 0,420 dap^2h + 4,39 q$	0,254
21qA	$V = - 3,31 + 0,539 dap^2h + 3,94 q$	0,287
22qA	$V = - 2,71 + 9,04 dap^2 + 2,72 q$	1,249
23qA	$V = - 5,89 + 10,4 dap + 3,14 q$	1,455
24qA	$V = - 3,39 + 0,297 h + 1,85 q$	4,383

ANEXO 27

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL ÍNDICE DE FORMA k PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2$ (GRUPO 7)

Modelo	Ecuaciones	CME
1kA	$V = 0,063 + 0,103 h + 0,74 dap^2 - 0,221 daph + 0,596 dap^2 h - 0,012 k$	0,682
2kA	$V = - 0,024 + 0,56 dap - 0,056 daph + 0,527 dap^2 h + 0,0066 k$	0,676
3kA	$V = 0,058 + 0,74 dap^2 - 0,0376 daph + 0,494 dap^2 h + 0,0065 k$	0,675
4kA	$V = - 1,27 - 3,71 dap + 13,0 dap^2 + 0,0616 k$	0,954
5kA	$V = - 1,80 + 7,52 dap^2 + 0,124 h + 0,0054 k$	0,911
6kA	$V = - 3,80 + 8,06 dap + 0,139 h - 0,0034 k$	1,197
7kA	$V = 0,222 + 0,05 dap + 0,486 dap^2 h - 0,0015 k$	0,671
8kA	$V = 0,058 + 0,69 dap^2 + 0,456 dap^2 h + 0,0028 k$	0,669
9kA	$V = 0,261 - 0,0182 h + 0,505 dap^2 h + 0,0043 k$	0,670
10kA	$V = 0,227 - 0,510 h + 0,885 daph + 0,0923 k$	0,678
11kA	$V = 0,262 - 0,0339 daph + 0,524 dap^2 h + 0,0012 k$	0,670
12kA	$V = 0,182 + 0,435 daph - 0,0420 k$	0,871
13kA	$V = 3,38 - 12,4 dap + 11,6 dap^2 + 0,400 daph - 0,0350 k$	0,664
14kA	$V = 4,96 - 18,3 dap - 0,052 daph + 16,8 dap^2 + 0,376 h + 0,128 dap^2 h - 0,123 k$	0,675
15kA	$V = 4,19 - 15,5 dap + 0,513 daph + 14,3 dap^2 - 0,130 dap^2 h - 0,0454 k$	0,671
16kA	$V = 4,98 - 18,4 dap + 0,348 h + 16,9 dap^2 + 0,098 dap^2 h - 0,118 k$	0,668
17kA	$V = 0,057 + 0,73 dap^2 - 0,0203 h + 0,472 dap^2 h + 0,0100 k$	0,675
18kA	$V = 0,483 - 1,59 dap + 2,16 dap^2 + 0,449 dap^2 h + 0,0031 k$	0,673
19kA	$V = 6,13 - 22,8 dap + 20,8 dap^2 + 0,439 h - 0,149 k$	0,662
20kA	$V = - 0,015 + 0,54 dap - 0,0304 h + 0,495 dap^2 h + 0,0118 k$	0,676
21kA	$V = 0,249 + 0,488 dap^2 h - 0,00185 k$	0,664
22kA	$V = - 2,34 + 9,87 dap^2 + 0,0630 k$	0,961
23kA	$V = - 5,37 + 11,3 dap + 0,0632 k$	1,225
24kA	$V = 0,340 + 0,462 h - 0,164 k$	1,420

ANEXO 28

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2$ (GRUPO 8)

Modelo	Ecuaciones	CME
1zA	$V = - 3,91 + 0,118 h + 2,53 dap^2 - 0,085 daph + 0,399 dap^2h + 3,70 z$	0,306
2zA	$V = - 3,33 + 0,618 dap + 0,163 daph + 0,329 dap^2h + 3,58 z$	0,321
3zA	$V = - 3,30 + 1,00 dap^2 + 0,191 daph + 0,276 dap^2h + 3,60 z$	0,318
4zA	$V = - 0,36 - 4,15 dap + 12,2 dap^2 + 1,57 z$	1,327
5zA	$V = - 5,66 + 7,38 dap^2 + 0,193 h + 4,15 z$	0,429
6zA	$V = - 8,12 + 8,38 dap + 0,194 h + 4,43 z$	0,648
7zA	$V = - 2,21 - 0,101 dap + 0,524 dap^2h + 3,08 z$	0,360
8zA	$V = - 2,23 - 0,472 dap^2 + 0,544 dap^2h + 3,12 z$	0,358
9zA	$V = - 3,07 + 0,0465 h + 0,489 dap^2h + 3,52 z$	0,323
10zA	$V = - 3,17 - 0,126 h + 0,592 daph + 3,72 z$	0,377
11zA	$V = - 3,05 + 0,148 daph + 0,371 dap^2h + 3,55 z$	0,321
12zA	$V = - 4,70 + 0,492 daph + 4,46 z$	0,545
13zA	$V = - 2,23 - 6,45 dap + 8,36 dap^2 + 0,364 daph + 3,67 z$	0,308
14zA	$V = - 4,58 + 2,46 dap - 0,249 daph + 0,36 dap^2 + 0,162 h + 0,541 dap^2h + 3,72 z$	0,309
15zA	$V = - 2,38 - 5,18 dap + 0,317 daph + 6,76 dap^2 + 0,075 dap^2h + 3,63 z$	0,310
16zA	$V = - 3,62 - 0,99 dap + 0,0928 h + 3,33 dap^2 + 0,331 dap^2h + 3,69 z$	0,306
17zA	$V = - 3,82 + 2,21 dap^2 + 0,0864 h + 0,349 dap^2h + 3,70 z$	0,304
18zA	$V = - 3,21 + 3,11 dap - 3,34 dap^2 + 0,558 dap^2h + 3,28 z$	0,351
19zA	$V = - 3,71 - 6,57 dap + 12,9 dap^2 + 0,197 h + 3,92 z$	0,381
20zA	$V = - 3,99 + 1,60 dap + 0,0687 h + 0,406 dap^2h + 3,68 z$	0,309
21zA	$V = - 2,24 + 0,519 dap^2h + 3,08 z$	0,357
22zA	$V = - 1,64 + 8,70 dap^2 + 1,74 z$	1,333
23zA	$V = - 4,58 + 9,97 dap + 2,08 z$	1,552
24zA	$V = - 5,23 + 0,331 h + 3,90 z$	4,041

ANEXO 29

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4$ (GRUPO 9)

Modelo	Ecuaciones	CME
1B	$V = 0,234 + 0,0062 h + 0,10 dap^2 - 0,037 daph + 0,516 dap^2h$	1,595
2B	$V = 0,271 - 0,026 dap - 0,0216 daph + 0,512 dap^2h$	1,579
3B	$V = 0,259 + 0,013 dap^2 - 0,0206 daph + 0,509 dap^2h$	1,579
4B	$V = 0,564 - 2,87 dap + 10,8 dap^2$	3,517
5B	$V = - 1,22 + 7,00 dap^2 + 0,103 h$	2,218
6B	$V = - 2,96 + 7,28 dap + 0,0982 h$	2,878
7B	$V = 0,180 + 0,087 dap + 0,481 dap^2h$	1,566
8B	$V = 0,192 + 0,223 dap^2 + 0,474 dap^2h$	1,565
9B	$V = 0,264 - 0,0058 h + 0,491 dap^2h$	1,563
10B	$V = 0,371 - 0,158 h + 0,548 daph$	1,809
11B	$V = 0,261 - 0,0211 daph + 0,510 dap^2h$	1,563
12B	$V = - 0,642 + 0,383 daph$	2,917
13B	$V = 1,42 - 8,21 dap + 11,2 dap^2 + 0,254 daph$	1,701
14B	$V = 0,79 - 2,27 dap + 0,116 daph + 2,25 dap^2 - 0,032 h + 0,375 dap^2h$	1,611
15B	$V = 0,382 - 0,69 dap - 0,0046 daph + 0,84 dap^2 + 0,480 dap^2h$	1,595
16B	$V = 0,396 - 0,70 dap - 0,0021 h + 0,81 dap^2 + 0,479 dap^2h$	1,595
17B	$V = 0,272 - 0,04 dap^2 - 0,0064 h + 0,494 dap^2h$	1,579
18B	$V = 0,400 - 0,82 dap + 1,01 dap^2 + 0,472 dap^2h$	1,578
19B	$V = 0,665 - 7,86 dap + 14,2 dap^2 + 0,114 h$	2,004
20B	$V = 0,313 - 0,119 dap - 0,0070 h + 0,498 dap^2h$	1,579
21B	$V = 0,207 + 0,485 dap^2h$	1,550
22B	$V = - 0,168 + 8,14 dap^2$	3,514
23B	$V = - 2,28 + 8,53 dap$	4,014
24B	$V = - 0,965 + 0,207 h$	10,425

ANEXO 30

**ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL
COCIENTE DE FORMA q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4$ (GRUPO 10)**

Modelo	Ecuaciones	CME
1qB	$V = - 3,32 + 0,0228 h + 1,59 dap^2 + 0,080 daph + 0,349 dap^2h + 3,27 q$	0,617
2qB	$V = - 3,37 + 0,961 dap + 0,114 daph + 0,369 dap^2h + 3,26 q$	0,616
3qB	$V = - 3,22 + 1,25 dap^2 + 0,140 daph + 0,320 dap^2h + 3,26 q$	0,613
4qB	$V = - 1,66 - 0,57 dap + 9,20 dap^2 + 1,77 q$	3,232
5qB	$V = - 4,94 + 7,65 dap^2 + 0,142 h + 3,59 q$	1,029
6qB	$V = - 7,06 + 8,09 dap + 0,137 h + 3,78 q$	1,583
7qB	$V = - 2,58 + 0,338 dap + 0,525 dap^2h + 2,94 q$	0,690
8qB	$V = - 2,46 - 0,133 dap^2 + 0,548 dap^2h + 2,93 q$	0,693
9qB	$V = - 2,86 + 0,0232 h + 0,521 dap^2h + 3,11 q$	0,650
10qB	$V = - 3,00 - 0,140 h + 0,590 daph + 3,37 q$	0,746
11qB	$V = - 2,93 + 0,0920 daph + 0,439 dap^2h + 3,18 q$	0,633
12qB	$V = - 4,24 + 0,449 daph + 3,72 q$	1,623
13qB	$V = - 2,59 - 5,12 dap + 8,22 dap^2 + 0,315 daph + 3,36 q$	0,659
14qB	$V = - 4,19 + 3,47 dap - 0,151 daph - 1,68 dap^2 + 0,0809 h + 0,564 dap^2h + 3,29 q$	0,621
15qB	$V = - 3,12 - 0,54 dap + 0,152 daph + 1,90 dap^2 + 0,298 dap^2h + 3,26 q$	0,619
16qB	$V = - 3,66 + 1,41 dap + 0,0418 h + 0,21 dap^2 + 0,428 dap^2h + 3,28 q$	0,615
17qB	$V = - 3,38 + 1,90 dap^2 + 0,0499 h + 0,399 dap^2h + 3,25 q$	0,614
18qB	$V = - 3,56 + 3,62 dap - 3,63 dap^2 + 0,560 dap^2h + 3,13 q$	0,651
19qB	$V = - 3,59 - 4,86 dap + 12,0 dap^2 + 0,147 h + 3,42 q$	0,951
20qB	$V = - 3,68 + 1,56 dap + 0,0405 h + 0,433 dap^2h + 3,28 q$	0,609
21qB	$V = - 2,47 + 0,541 dap^2h + 2,93 q$	0,686
22qB	$V = - 1,83 + 8,68 dap^2 + 1,80 q$	3,200
23qB	$V = - 4,46 + 9,27 dap + 2,14 q$	3,57
24qB	$V = - 2,23 + 0,224 h + 1,23 q$	10,384

ANEXO 31

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL ÍNDICE DE FORMA k PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4$ (GRUPO 11)

Modelo	Ecuaciones	CME
1kB	$V = 0,265 + 0,199 h + 0,04 dap^2 - 0,390 daph + 0,725 dap^2h - 0,0343 k$	1,609
2kB	$V = 0,280 - 0,05 dap - 0,0202 daph + 0,511 dap^2h - 0,0002 k$	1,595
3kB	$V = 0,248 + 0,05 dap^2 - 0,0225 daph + 0,509 dap^2h + 0,0004 k$	1,595
4kB	$V = - 0,941 - 2,85 dap + 11,8 dap^2 + 0,0448 k$	2,361
5kB	$V = - 1,18 + 6,84 dap^2 + 0,110 h - 0,0034 k$	2,241
6kB	$V = - 2,58 + 6,49 dap + 0,131 h - 0,0152 k$	2,901
7kB	$V = 0,366 - 0,24 dap + 0,496 dap^2h - 0,00284 k$	1,580
8kB	$V = 0,258 - 0,00 dap^2 + 0,485 dap^2h - 0,00173 k$	1,580
9kB	$V = 0,259 - 0,0104 h + 0,496 dap^2h + 0,0017 k$	1,579
10kB	$V = 0,229 - 0,450 h + 0,829 daph + 0,0770 k$	1,609
11kB	$V = 0,260 - 0,0221 daph + 0,511 dap^2h + 0,00015 k$	1,579
12kB	$V = 0,283 + 0,394 daph - 0,0354 k$	2,080
13kB	$V = 3,01 - 11,1 dap + 10,6 dap^2 + 0,393 daph - 0,0336 k$	1,600
14kB	$V = 2,02 - 7,0 dap - 0,351 daph + 6,5 dap^2 + 0,315 h + 0,544 dap^2h - 0,076 k$	1,619
15kB	$V = 1,40 - 4,61 dap + 0,146 daph + 4,36 dap^2 + 0,305 dap^2h - 0,0136 k$	1,609
16kB	$V = 2,08 - 7,3 dap + 0,133 h + 6,83 dap^2 + 0,330 dap^2h - 0,0451 k$	1,605
17kB	$V = 0,249 + 0,04 dap^2 - 0,0106 h + 0,494 dap^2h + 0,0020 k$	1,596
18kB	$V = 0,443 - 0,79 dap + 0,80 dap^2 + 0,481 dap^2h - 0,00135 k$	1,594
19kB	$V = 5,29 - 20,4 dap + 19,5 dap^2 + 0,399 h - 0,130 k$	1,617
20kB	$V = 0,300 - 0,09 dap - 0,0083 h + 0,498 dap^2h + 0,0006 k$	1,596
21kB	$V = 0,257 + 0,485 dap^2h - 0,00172 k$	1,564
22kB	$V = - 1,67 + 9,20 dap^2 + 0,0449 k$	2,369
23kB	$V = - 3,98 + 9,60 dap + 0,0427 k$	2,981
24kB	$V = 0,435 + 0,385 h - 0,131 k$	3,317

ANEXO 32

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4$ (GRUPO 12)

Modelo	Ecuaciones	CME
1zB	$V = - 2,95 + 0,0805 h + 2,04 dap^2 - 0,030 daph + 0,384 dap^2h + 2,82 z$	0,718
2zB	$V = - 2,57 + 0,493 dap + 0,155 daph + 0,330 dap^2h + 2,72 z$	0,742
3zB	$V = - 2,54 + 0,822 dap^2 + 0,175 daph + 0,287 dap^2h + 2,74 z$	0,737
4zB	$V = - 0,544 - 1,45 dap + 9,70 dap^2 + 0,910 z$	3,435
5zB	$V = - 4,41 + 7,15 dap^2 + 0,158 h + 3,21 z$	1,048
6zB	$V = - 6,40 + 7,53 dap + 0,155 h + 3,40 z$	1,569
7zB	$V = - 1,54 - 0,243 dap + 0,536 dap^2h + 2,23 z$	0,869
8zB	$V = - 1,61 - 0,766 dap^2 + 0,565 dap^2h + 2,29 z$	0,855
9zB	$V = - 2,39 + 0,0421 h + 0,490 dap^2h + 2,68 z$	0,747
10zB	$V = - 2,44 - 0,109 h + 0,551 daph + 2,84 z$	0,887
11zB	$V = - 2,37 + 0,144 daph + 0,366 dap^2h + 2,70 z$	0,741
12zB	$V = - 3,73 + 0,449 daph + 3,51 z$	1,363
13zB	$V = - 1,78 - 5,47 dap + 7,81 dap^2 + 0,337 daph + 2,85 z$	0,737
14zB	$V = - 4,36 + 5,58 dap - 0,404 daph - 3,22 dap^2 + 0,175 h + 0,730 dap^2h + 2,85 z$	0,718
15zB	$V = - 2,04 - 3,02 dap + 0,247 daph + 4,43 dap^2 + 0,162 dap^2h + 2,77 z$	0,732
16zB	$V = - 2,93 + 0,08 dap + 0,0697 h + 1,82 dap^2 + 0,367 dap^2h + 2,82 z$	0,719
17zB	$V = - 2,92 + 1,92 dap^2 + 0,0702 h + 0,365 dap^2h + 2,82 z$	0,711
18zB	$V = - 2,64 + 3,50 dap - 4,20 dap^2 + 0,579 dap^2h + 2,47 z$	0,818
19zB	$V = - 3,01 - 5,19 dap + 11,9 dap^2 + 0,162 h + 3,06 z$	0,957
20zB	$V = - 3,10 + 1,39 dap + 0,0585 h + 0,410 dap^2h + 2,81 z$	0,716
21zB	$V = - 1,61 + 0,524 dap^2h + 2,22 z$	0,862
22zB	$V = - 0,962 + 8,37 dap^2 + 0,971 z$	3,408
23zB	$V = - 3,43 + 8,89 dap + 1,28 z$	3,813
24zB	$V = - 3,67 + 0,256 h + 2,73 z$	9,674

ANEXO 33

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2h$ (GRUPO 13)

Modelo	Ecuaciones	CME
1C	$V = - 0,129 + 0,0781 h + 1,57 dap^2 - 0,206 daph + 0,562 dap^2h$	0,042
2C	$V = 0,136 + 0,431 dap - 0,0300 daph + 0,501 dap^2h$	0,043
3C	$V = 0,167 + 0,718 dap^2 - 0,0086 daph + 0,460 dap^2h$	0,043
4C	$V = 1,17 - 5,10 dap + 12,4 dap^2$	0,103
5C	$V = - 1,55 + 6,84 dap^2 + 0,131 h$	0,060
6C	$V = - 3,46 + 7,51 dap + 0,128 h$	0,079
7C	$V = 0,004 + 0,586 dap + 0,461 dap^2h$	0,042
8C	$V = 0,138 + 0,785 dap^2 + 0,447 dap^2h$	0,042
9C	$V = 0,317 - 0,0117 h + 0,497 dap^2h$	0,043
10C	$V = 0,403 - 0,181 h + 0,587 daph$	0,050
11C	$V = 0,317 - 0,0421 daph + 0,533 dap^2h$	0,042
12C	$V = - 0,739 + 0,413 daph$	0,082
13C	$V = 1,71 - 9,33 dap + 11,7 dap^2 + 0,276 daph$	0,044
14C	$V = 1,20 - 5,03 dap + 0,150 daph + 5,99 dap^2 - 0,018 h + 0,256 dap^2h$	0,042
15C	$V = 0,984 - 4,26 dap + 0,088 daph + 5,35 dap^2 + 0,306 dap^2h$	0,042
16C	$V = 0,678 - 3,11 dap + 0,0240 h + 4,34 dap^2 + 0,382 dap^2h$	0,042
17C	$V = 0,071 + 0,956 dap^2 + 0,0056 h + 0,433 dap^2h$	0,043
18C	$V = 0,653 - 1,92 dap + 2,53 dap^2 + 0,443 dap^2h$	0,042
19C	$V = 0,894 - 9,50 dap + 15,0 dap^2 + 0,142 h$	0,052
20C	$V = 0,106 + 0,443 dap - 0,0056 h + 0,473 dap^2h$	0,042
21C	$V = 0,206 + 0,487 dap^2h$	0,042
22C	$V = - 0,204 + 7,93 dap^2$	0,105
23C	$V = - 2,50 + 8,80 dap$	0,121
24C	$V = - 1,05 + 0,239 h$	0,294

ANEXO 34

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2h$ (GRUPO 14)

Modelo	Ecuaciones	CME
1qC	$V = - 4,02 + 0,0301 h + 1,71 dap^2 + 0,079 daph + 0,349 dap^2h + 3,96 q$	0,017
2qC	$V = - 4,14 + 1,16 dap + 0,124 daph + 0,363 dap^2h + 3,99 q$	0,017
3qC	$V = - 3,93 + 1,39 dap^2 + 0,156 daph + 0,308 dap^2h + 3,98 q$	0,017
4qC	$V = - 0,53 - 3,44 dap + 11,2 dap^2 + 1,38 q$	0,101
5qC	$V = - 5,75 + 7,38 dap^2 + 0,175 h + 4,12 q$	0,032
6qC	$V = - 8,16 + 8,26 dap + 0,174 h + 4,42 q$	0,047
7qC	$V = - 3,24 + 0,528 dap + 0,520 dap^2h + 3,61 q$	0,019
8qC	$V = - 3,06 + 0,220 dap^2 + 0,531 dap^2h + 3,59 q$	0,019
9qC	$V = - 3,43 + 0,0215 h + 0,527 dap^2h + 3,79 q$	0,018
10qC	$V = - 3,73 - 0,161 h + 0,634 daph + 4,21 q$	0,020
11qC	$V = - 3,55 + 0,0882 daph + 0,452 dap^2h + 3,89 q$	0,018
12qC	$V = - 5,17 + 0,486 daph + 4,65 q$	0,045
13qC	$V = - 3,08 - 5,60 dap + 8,19 dap^2 + 0,346 daph + 3,99 q$	0,018
14qC	$V = - 4,11 + 0,34 dap + 0,055 daph + 1,41 dap^2 + 0,037 h + 0,369 dap^2h + 3,96 q$	0,017
15qC	$V = - 3,67 - 1,26 dap + 0,184 daph + 2,75 dap^2 + 0,264 dap^2h + 3,96 q$	0,017
16qC	$V = - 4,31 + 1,05 dap + 0,0519 h + 0,81 dap^2 + 0,416 dap^2h + 3,97 q$	0,017
17qC	$V = - 4,06 + 1,94 dap^2 + 0,0575 h + 0,399 dap^2h + 3,92 q$	0,017
18qC	$V = - 4,20 + 3,44 dap - 2,93 dap^2 + 0,545 dap^2h + 3,84 q$	0,018
19qC	$V = - 3,88 - 6,05 dap + 12,6 dap^2 + 0,179 h + 3,82 q$	0,029
20qC	$V = - 4,44 + 1,72 dap + 0,0467 h + 0,432 dap^2h + 3,99 q$	0,017
21qC	$V = - 3,06 + 0,543 dap^2h + 3,61 q$	0,019
22qC	$V = - 1,64 + 8,27 dap^2 + 1,58 q$	0,101
23qC	$V = - 4,45 + 9,33 dap + 1,98 q$	0,114
24qC	$V = - 2,42 + 0,256 h + 1,35 q$	0,294

ANEXO 35

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL ÍNDICE DE FORMA k PONDERADOS CON EL FACTOR $1/dap^2h$ (GRUPO 15)

Modelo	Ecuaciones	CME
1kC	$V = -0,104 + 0,292 h + 1,53 dap^2 - 0,585 daph + 0,778 dap^2h - 0,0389 k$	0,043
2kC	$V = -0,497 + 1,57 dap - 0,120 daph + 0,553 dap^2h + 0,0176 k$	0,043
3kC	$V = -0,117 + 1,52 dap^2 - 0,0625 daph + 0,482 dap^2h + 0,0132 k$	0,043
4kC	$V = -1,13 - 3,70 dap + 12,5 dap^2 + 0,0610 k$	0,064
5kC	$V = -1,55 + 6,82 dap^2 + 0,132 h - 0,0005 k$	0,060
6kC	$V = -3,11 + 6,85 dap + 0,157 h - 0,0149 k$	0,079
7kC	$V = -0,064 + 0,69 dap + 0,457 dap^2h + 0,00115 k$	0,043
8kC	$V = -0,105 + 1,43 dap^2 + 0,416 dap^2h + 0,00696 k$	0,042
9kC	$V = 0,303 - 0,0262 h + 0,512 dap^2h + 0,0056 k$	0,043
10kC	$V = 0,275 - 0,509 h + 0,883 daph + 0,0906 k$	0,044
11kC	$V = 0,306 - 0,0512 daph + 0,543 dap^2h + 0,00133 k$	0,043
12kC	$V = 0,281 + 0,422 daph - 0,0421 k$	0,058
13kC	$V = 2,90 - 11,3 dap + 11,4 dap^2 + 0,363 daph - 0,0270 k$	0,042
14kC	$V = 3,05 - 11,7 dap - 0,558 daph + 11,8 dap^2 + 0,520 h + 0,519 dap^2h - 0,121 k$	0,043
15kC	$V = 2,04 - 8,07 dap + 0,238 daph + 8,55 dap^2 + 0,144 dap^2h - 0,0153 k$	0,043
16kC	$V = 3,08 - 11,9 dap + 0,214 h + 11,9 dap^2 + 0,197 dap^2h - 0,0677 k$	0,042
17kC	$V = -0,117 + 1,51 dap^2 - 0,0323 h + 0,444 dap^2h + 0,0185 k$	0,043
18kC	$V = 0,414 - 1,99 dap + 3,27 dap^2 + 0,410 dap^2h + 0,00733 k$	0,042
19kC	$V = 5,33 - 20,5 dap + 19,6 dap^2 + 0,399 h - 0,131 k$	0,042
20kC	$V = -0,479 + 1,53 dap - 0,0633 h + 0,484 dap^2h + 0,0281 k$	0,043
21kC	$V = 0,295 + 0,486 dap^2h - 0,00329 k$	0,043
22kC	$V = -2,15 + 9,29 dap^2 + 0,0618 k$	0,065
23kC	$V = -4,83 + 10,3 dap + 0,0607 k$	0,083
24kC	$V = 0,425 + 0,439 h - 0,155 k$	0,094

ANEXO 36

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^2h$ (GRUPO 16)

Modelo	Ecuaciones	CME
1zC	$V = - 3,41 + 0,0936 h + 2,07 dap^2 - 0,056 daph + 0,406 dap^2h + 3,32 z$	0,020
2zC	$V = - 3,13 + 0,753 dap + 0,151 daph + 0,335 dap^2h + 3,30 z$	0,021
3zC	$V = - 3,04 + 1,05 dap^2 + 0,179 daph + 0,284 dap^2h + 3,30 z$	0,021
4zC	$V = 0,44 - 4,26 dap + 11,7 dap^2 + 0,624 z$	0,103
5zC	$V = - 5,06 + 6,95 dap^2 + 0,186 h + 3,65 z$	0,032
6zC	$V = - 7,31 + 7,73 dap + 0,187 h + 3,94 z$	0,047
7zC	$V = - 2,09 + 0,066 dap + 0,522 dap^2h + 2,80 z$	0,024
8zC	$V = - 2,08 - 0,201 dap^2 + 0,536 dap^2h + 2,83 z$	0,023
9zC	$V = - 2,77 + 0,0380 h + 0,498 dap^2h + 3,22 z$	0,021
10zC	$V = - 2,93 - 0,131 h + 0,593 daph + 3,48 z$	0,025
11zC	$V = - 2,79 + 0,129 daph + 0,392 dap^2h + 3,27 z$	0,021
12zC	$V = - 4,45 + 0,479 daph + 4,29 z$	0,040
13zC	$V = - 2,04 - 6,08 dap + 8,08 dap^2 + 0,356 daph + 3,35 z$	0,021
14zC	$V = - 4,33 + 3,36 dap - 0,292 daph - 0,88 dap^2 + 0,158 h + 0,609 dap^2h + 3,35 z$	0,020
15zC	$V = - 2,35 - 3,53 dap + 0,259 daph + 4,88 dap^2 + 0,158 dap^2h + 3,29 z$	0,020
16zC	$V = - 3,29 - 0,40 dap + 0,0763 h + 2,33 dap^2 + 0,364 dap^2h + 3,32 z$	0,020
17zC	$V = - 3,37 + 1,90 dap^2 + 0,0742 h + 0,371 dap^2h + 3,34 z$	0,020
18zC	$V = - 2,99 + 2,87 dap - 2,87 dap^2 + 0,548 dap^2h + 3,01 z$	0,023
19zC	$V = - 3,16 - 6,44 dap + 12,5 dap^2 + 0,189 h + 3,39 z$	0,029
20zC	$V = - 3,63 + 1,52 dap + 0,0611 h + 0,412 dap^2h + 3,36 z$	0,020
21zC	$V = - 2,07 + 0,525 dap^2h + 2,80 z$	0,023
22zC	$V = - 0,872 + 8,06 dap^2 + 0,829 z$	0,104
23zC	$V = - 3,52 + 9,03 dap + 1,18 z$	0,118
24zC	$V = - 4,09 + 0,288 h + 3,16 z$	0,276

ANEXO 37

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS ORIGINALES PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4h^2$ (GRUPO 17)

Modelo	Ecuaciones	CME
1D	$V = -0,183 + 0,0803 h + 1,84 dap^2 - 0,198 daph + 0,534 dap^2h$	0,007
2D	$V = -0,020 + 0,667 dap + 0,0061 daph + 0,445 dap^2h$	0,007
3D	$V = 0,059 + 1,03 dap^2 + 0,0335 daph + 0,390 dap^2h$	0,007
4D	$V = -0,065 - 0,07 dap + 7,11 dap^2$	0,023
5D	$V = -1,07 + 5,94 dap^2 + 0,110 h$	0,010
6D	$V = -2,43 + 5,97 dap + 0,105 h$	0,013
7D	$V = 0,004 + 0,630 dap + 0,455 dap^2h$	0,007
8D	$V = 0,147 + 0,741 dap^2 + 0,448 dap^2h$	0,007
9D	$V = 0,237 - 0,0042 h + 0,493 dap^2h$	0,007
10D	$V = 0,320 - 0,144 h + 0,527 daph$	0,009
11D	$V = 0,239 - 0,0177 daph + 0,511 dap^2h$	0,007
12D	$V = -0,386 + 0,351 daph$	0,015
13D	$V = 1,11 - 6,66 dap + 9,47 dap^2 + 0,252 daph$	0,008
14D	$V = -0,28 + 0,39 dap - 0,228 daph + 1,48 dap^2 + 0,088 h + 0,562 dap^2h$	0,007
15D	$V = 0,665 - 3,19 dap + 0,0997 daph + 4,63 dap^2 + 0,278 dap^2h$	0,007
16D	$V = 0,378 - 2,17 dap + 0,0282 h + 3,78 dap^2 + 0,360 dap^2h$	0,007
17D	$V = -0,051 + 1,39 dap^2 + 0,0187 h + 0,389 dap^2h$	0,007
18D	$V = 0,366 - 0,89 dap + 1,59 dap^2 + 0,448 dap^2h$	0,007
19D	$V = 0,341 - 6,04 dap + 11,7 dap^2 + 0,117 h$	0,009
20D	$V = -0,126 + 0,850 dap + 0,0076 h + 0,434 dap^2h$	0,007
21D	$V = 0,204 + 0,488 dap^2h$	0,007
22D	$V = -0,0833 + 7,03 dap^2$	0,023
23D	$V = -1,80 + 7,15 dap$	0,024
24D	$V = -0,559 + 0,175 h$	0,051

ANEXO 38

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA q PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4h^2$ (GRUPO 18)

Modelo	Ecuaciones	CME
1qD	$V = - 2,61 + 0,0149 h + 1,37 dap^2 + 0,075 daph + 0,362 dap^2h + 2,61 q$	0,003
2qD	$V = - 2,77 + 0,983 dap + 0,0930 daph + 0,382 dap^2h + 2,65 q$	0,003
3qD	$V = - 2,58 + 1,22 dap^2 + 0,118 daph + 0,335 dap^2h + 2,63 q$	0,003
4qD	$V = - 0,68 + 0,57 dap + 6,62 dap^2 + 0,490 q$	0,023
5qD	$V = - 3,56 + 6,39 dap^2 + 0,134 h + 2,42 q$	0,007
6qD	$V = - 5,20 + 6,51 dap + 0,130 h + 2,57 q$	0,009
7qD	$V = - 2,23 + 0,434 dap + 0,524 dap^2h + 2,46 q$	0,003
8qD	$V = - 2,11 + 0,252 dap^2 + 0,532 dap^2h + 2,45 q$	0,003
9qD	$V = - 2,28 + 0,0125 h + 0,533 dap^2h + 2,55 q$	0,003
10qD	$V = - 2,45 - 0,142 h + 0,579 daph + 2,83 q$	0,004
11qD	$V = - 2,34 + 0,0566 daph + 0,478 dap^2h + 2,60 q$	0,003
12qD	$V = - 3,21 + 0,407 daph + 2,89 q$	0,010
13qD	$V = - 1,91 - 4,55 dap + 7,40 dap^2 + 0,301 daph + 2,58 q$	0,004
14qD	$V = - 2,60 - 0,02 dap + 0,076 daph + 1,39 dap^2 + 0,0145 h + 0,360 dap^2h + 2,61 q$	0,003
15qD	$V = - 2,45 - 0,61 dap + 0,130 daph + 1,90 dap^2 + 0,314 dap^2h + 2,62 q$	0,003
16qD	$V = - 2,82 + 0,83 dap + 0,0345 h + 0,62 dap^2 + 0,428 dap^2h + 2,61 q$	0,003
17qD	$V = - 2,62 + 1,54 dap^2 + 0,0379 h + 0,417 dap^2h + 2,57 q$	0,003
18qD	$V = - 2,79 + 2,35 dap - 2,01 dap^2 + 0,535 dap^2h + 2,58 q$	0,003
19qD	$V = - 2,46 - 4,07 dap + 10,2 dap^2 + 0,138 h + 2,28 q$	0,006
20qD	$V = - 2,92 + 1,33 dap + 0,0313 h + 0,440 dap^2h + 2,63 q$	0,003
21qD	$V = - 2,11 + 0,547 dap^2h + 2,47 q$	0,003
22qD	$V = - 0,516 + 7,17 dap^2 + 0,462 q$	0,023
23qD	$V = - 2,57 + 7,39 dap + 0,751 q$	0,024
24qD	$V = - 0,897 + 0,179 h + 0,335 q$	0,051

ANEXO 39

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL ÍNDICE DE FORMA K PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4h^2$ (GRUPO 19)

Modelo	Ecuaciones	CME
1kD	$V = -0,149 + 0,376 h + 1,76 dap^2 - 0,755 daph + 0,873 dap^2h - 0,0509 k$	0,007
2kD	$V = -0,652 + 1,91 dap - 0,119 daph + 0,534 dap^2h + 0,0193 k$	0,007
3kD	$V = -0,175 + 1,80 dap^2 - 0,0405 daph + 0,439 dap^2h + 0,0129 k$	0,007
4kD	$V = -1,32 - 0,87 dap + 8,97 dap^2 + 0,0478 k$	0,012
5kD	$V = -0,911 + 5,36 dap^2 + 0,137 h - 0,0132 k$	0,010
6kD	$V = -1,96 + 4,99 dap + 0,149 h - 0,0208 k$	0,013
7kD	$V = -0,334 + 1,23 dap + 0,422 dap^2h + 0,00583 k$	0,007
8kD	$V = -0,163 + 1,76 dap^2 + 0,391 dap^2h + 0,00932 k$	0,007
9kD	$V = 0,232 - 0,0105 h + 0,501 dap^2h + 0,0022 k$	0,007
10kD	$V = 0,216 - 0,425 h + 0,808 daph + 0,0707 k$	0,008
11kD	$V = 0,232 - 0,0263 daph + 0,521 dap^2h + 0,00098 k$	0,007
12kD	$V = 0,282 + 0,379 daph - 0,0318 k$	0,010
13kD	$V = 1,88 - 8,19 dap + 9,44 dap^2 + 0,321 daph - 0,0173 k$	0,007
14kD	$V = 0,51 - 2,56 dap - 0,766 daph + 4,10 dap^2 + 0,436 h + 0,818 dap^2h - 0,0701 k$	0,007
15kD	$V = -0,08 - 0,39 dap - 0,024 daph + 2,16 dap^2 + 0,420 dap^2h + 0,0115 k$	0,007
16kD	$V = 0,43 - 2,36 dap + 0,033 h + 3,95 dap^3 + 0,355 dap^3h - 0,0015 k$	0,007
17kD	$V = -0,175 + 1,80 dap^2 - 0,0182 h + 0,411 dap^2h + 0,0155 k$	0,007
18kD	$V = 0,065 - 0,94 dap + 2,66 dap^2 + 0,391 dap^2h + 0,00939 k$	0,007
19kD	$V = 3,61 - 15,1 dap + 16,1 dap^2 + 0,328 h - 0,0970 k$	0,007
20kD	$V = -0,639 + 1,88 dap - 0,0585 h + 0,460 dap^2h + 0,0284 k$	0,007
21kD	$V = 0,233 + 0,488 dap^2h - 0,00116 k$	0,007
22kD	$V = -1,53 + 8,14 dap^2 + 0,0477 k$	0,012
23kD	$V = -3,43 + 8,21 dap + 0,0458 k$	0,014
24kD	$V = 0,385 + 0,357 h - 0,116 k$	0,015

ANEXO 40

ECUACIONES OBTENIDAS A PARTIR DE LOS MODELOS QUE INCLUYEN EL COCIENTE DE FORMA Z PONDERADOS POR EL FACTOR $1/dap^4h^2$ (GRUPO 20)

Modelo	Ecuaciones	CME
1zD	$V = - 2,27 + 0,0478 h + 1,65 dap^2 + 0,021 daph + 0,366 dap^2h + 2,25 z$	0,003
2zD	$V = - 2,29 + 0,882 dap + 0,134 daph + 0,329 dap^2h + 2,29 z$	0,003
3zD	$V = - 2,15 + 1,17 dap^2 + 0,160 daph + 0,278 dap^2h + 2,28 z$	0,003
4zD	$V = 0,023 - 0,20 dap + 7,20 dap^2 - 0,069 z$	0,023
5zD	$V = - 3,30 + 6,16 dap^2 + 0,144 h + 2,28 z$	0,006
6zD	$V = - 4,93 + 6,28 dap + 0,141 h + 2,46 z$	0,008
7zD	$V = - 1,49 + 0,156 dap + 0,528 dap^2h + 1,93 z$	0,004
8zD	$V = - 1,46 - 0,059 dap^2 + 0,540 dap^2h + 1,95 z$	0,004
9zD	$V = - 1,88 + 0,0258 h + 0,510 dap^2h + 2,20 z$	0,004
10zD	$V = - 2,01 - 0,119 h + 0,551 daph + 2,43 z$	0,004
11zD	$V = - 1,93 + 0,101 daph + 0,416 dap^2h + 2,26 z$	0,004
12zD	$V = - 3,03 + 0,416 daph + 2,92 z$	0,008
13zD	$V = - 1,51 - 4,33 dap + 6,80 dap^2 + 0,315 daph + 2,29 z$	0,004
14zD	$V = - 2,79 + 2,06 dap - 0,140 daph - 0,26 dap^2 + 0,0892 h + 0,513 dap^2h + 2,26 z$	0,003
15zD	$V = - 1,83 - 1,57 dap + 0,191 daph + 2,93 dap^2 + 0,224 dap^2h + 2,26 z$	0,003
16zD	$V = - 2,38 + 0,49 dap + 0,0524 h + 1,16 dap^2 + 0,388 dap^2h + 2,26 z$	0,003
17zD	$V = - 2,27 + 1,69 dap^2 + 0,0543 h + 0,381 dap^2h + 2,24 z$	0,003
18zD	$V = - 2,20 + 2,58 dap - 2,57 dap^2 + 0,545 dap^2h + 2,09 z$	0,004
19zD	$V = - 2,28 - 3,82 dap + 9,78 dap^2 + 0,147 h + 2,14 z$	0,006
20zD	$V = - 2,57 + 1,42 dap + 0,0465 h + 0,410 dap^2h + 2,29 z$	0,003
21zD	$V = - 1,46 + 0,536 dap^2h + 1,94 z$	0,004
22zD	$V = - 0,032 + 7,02 dap^2 - 0,060 z$	0,023
23zD	$V = - 2,01 + 7,22 dap + 0,231 z$	0,024
24zD	$V = - 1,85 + 0,196 h + 1,32 z$	0,050

ANEXO 41

ESPECIES TOMADAS EN CUENTA PARA EL PRESENTE ESTUDIO

Nombre Común	Familia	Especie
Capirona	RUBIACEAE	<i>Calycophyllum sprusianum</i>
Quillobordón	APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma sp.</i>
Lupuna	BOMBACACEAE	<i>Ceiba pentandra</i>
Requia	MELIACEAE	<i>Guarea sp.</i>
Tulpay amarillo	MORACEAE	<i>Clarisia sp.</i>
Moena	LAURACEAE	<i>Aniba sp.</i>
Shihuahuaco	FABACEAE	<i>Dipteryx sp.</i>
Tornillo	MIMOSACEAE	<i>Cedrelinga catenaeformis</i>
Caimito	SAPOTACEAE	<i>Pouteria sp.</i>
Cashimbo	LECYTHIDACEAE	<i>Cariniana sp.</i>
Huayruro	FABACEAE	<i>Ormosia sp.</i>
Copaiba	FABACEAE	<i>Copaifera sp.</i>
Cumala Blanca	MYRISTICACEAE	<i>Virola sp.</i>
Palo Hígado		
Palta	LAURACEAE	
Cumala	MYRISTICACEAE	<i>Virola sp.</i>
Almendro	CARYOCARACEAE	<i>Couratari sp.</i>
Cabeza de mono		
Cumala roja	MYRISTICACEAE	<i>Virola sp.</i>
Shaire Pacae	CAESALPINACEAE	<i>Sclerolobium sp.</i>
Marupa	SIMAROUBACEAE	<i>Simaruba sp.</i>
Sachavaca	EUPHORBIACEAE	<i>Cumuria sp.</i>