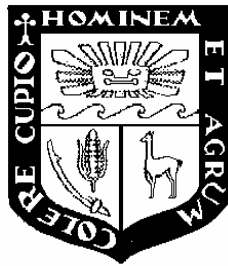


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

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

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 κ 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 κ 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 κ 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 κ 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 $1/DAP^4$ (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 I/DAP^2	45
CUADRO 12	CME PARA LAS ECUACIONES PONDERADAS CON EL FACTOR I/DAP^4	46
CUADRO 13	CME PARA LAS ECUACIONES PONDERADAS CON EL FACTOR I/DAP^2H	47
CUADRO 14	CME PARA LAS ECUACIONES PONDERADAS CON EL FACTOR I/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