

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES



CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA MEDIANTE EL ESTUDIO DENDROMÉTRICO EN EL CULTIVO DE DURAZNERO (*Prunus persica* L) EN EL SECTOR EL CHAPI, PARROQUIA PIMAMPIRO, CANTÓN PIMAMPIRO.

AUTOR: Chandi Mora Henry Rolando

DIRECTOR: Ing. Carlos Cazco L. MSc.

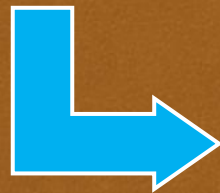
AUTOR DE METODOLOGIA: PhD. Borja Velázquez Martí.

INTRODUCCIÓN

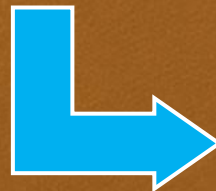
Contaminación e incremento de CO_2 en la atmósfera.



Zonas dedicadas al cultivo con el único objetivo de obtener productos alimentarios.



Residuos amontonados, quemados no produciendo ningún beneficio directo



Biomasa podrían solucionar problemas ambientales y económicos.

Objetivo general

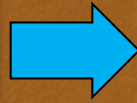
Generar información técnica científica sobre la cantidad de biomasa obtenible del cultivo de duraznero (*Prunus persica L*) a partir del análisis dendrométrico, en el sector El Chapí, Parroquia y Cantón Pimampiro, Provincia de Imbabura.

Objetivo específicos

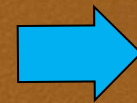
- Analizar y determinar el factor de forma, las funciones de volumen en las ramas de la planta de duraznero (*Prunus persica L*).
- Analizar la distribución de la biomasa en las ramas de la copa del árbol.
- Definir un factor de ocupación que relacionará la biomasa contenida en la copa con un modelo geométrico que describe el volumen aparente de la copa.
- Determinar la biomasa en la copa del árbol a partir del coeficiente de determinación r^2 ajustado, mediante variables como: diámetro de copa, diámetro del tronco, altura de planta, altura de la copa o el marco de plantación.

BIOMASA

Biomasa



**Energías
Renovables**

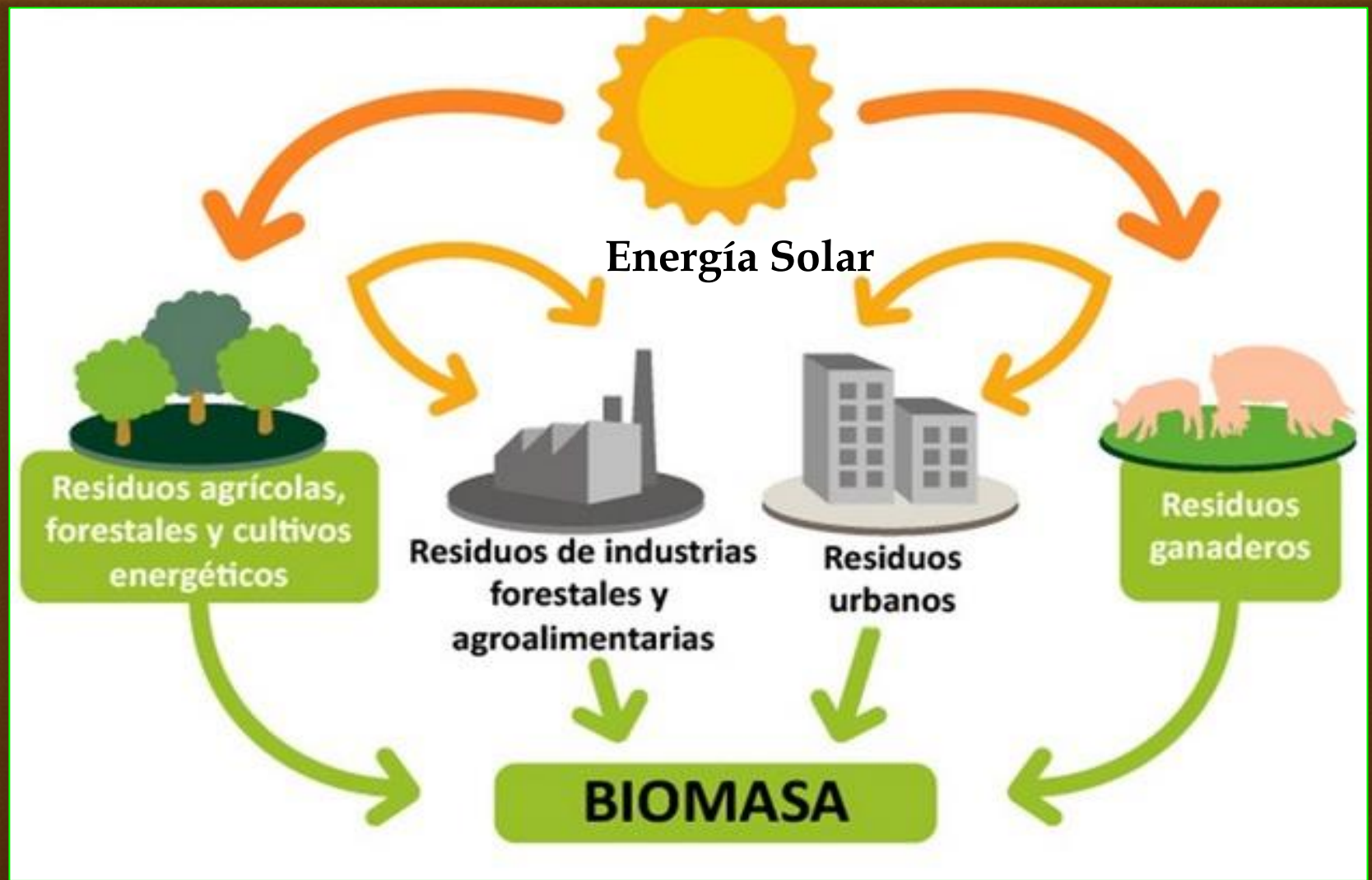


**Energía hidráulica
Energía eólica
Energía geotérmica
Energía solar
Biomasa**



Materia orgánica no fosilizada originada de un proceso biológico, espontaneo o provocado, utilizable como fuente de energía aunque puede tener otros usos.

DIFERENTES SISTEMAS



VENTAJAS DE LA UTILIZACION DE LA BIOMASA

Produce energía térmica y eléctrica (limpia, moderna y segura).

Las cenizas que se producen son vegetales

Disminuye emisiones de CO_2 .

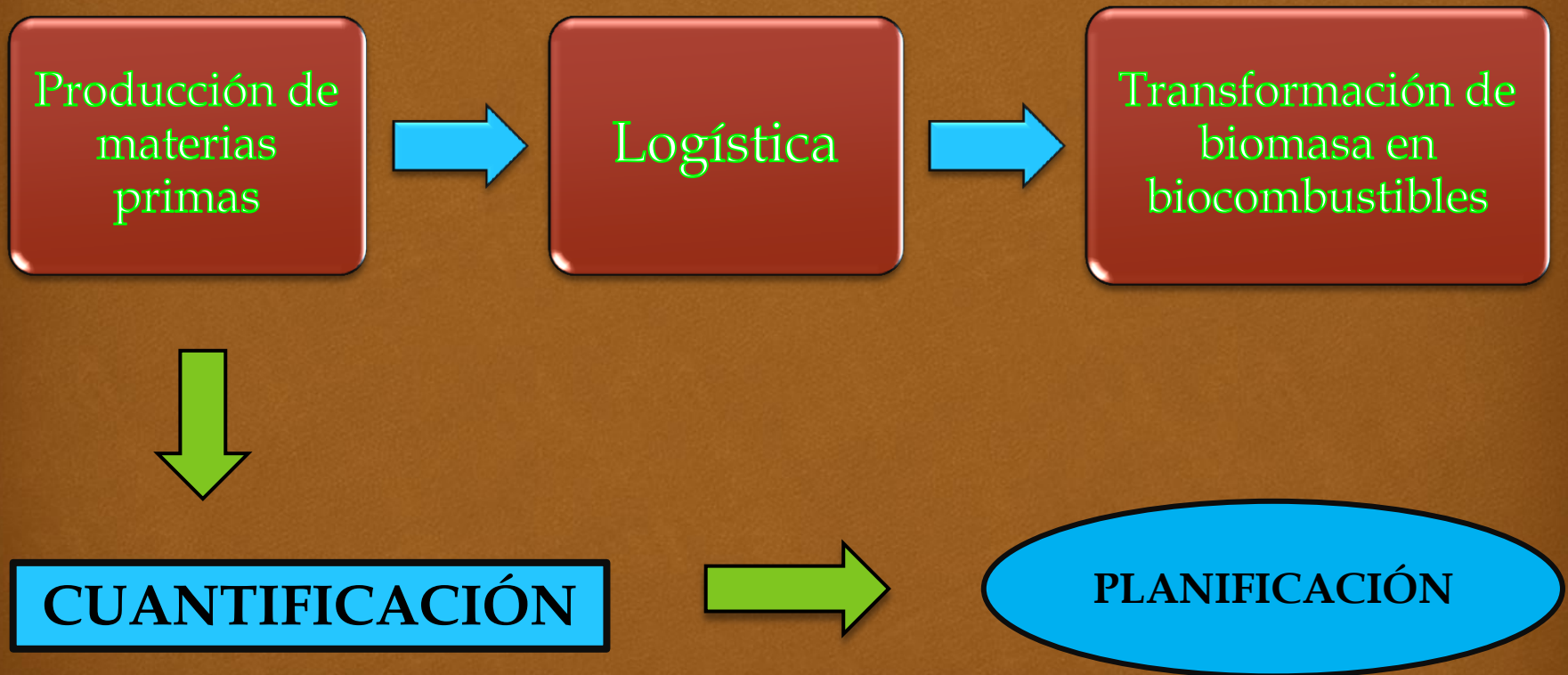
Genera biocombustibles mas baratos

Reciclaje de residuos (podas, cosechas).

Disminuye la dependencia de abastecimiento de combustible.

UTILIZACION DE LA BIOMASA

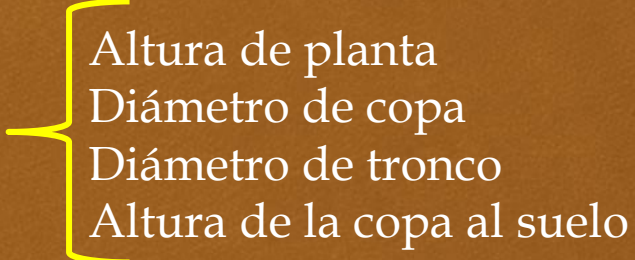
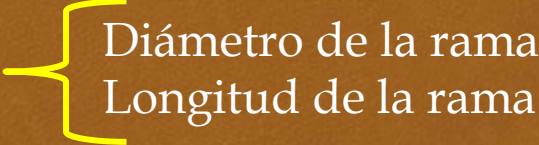
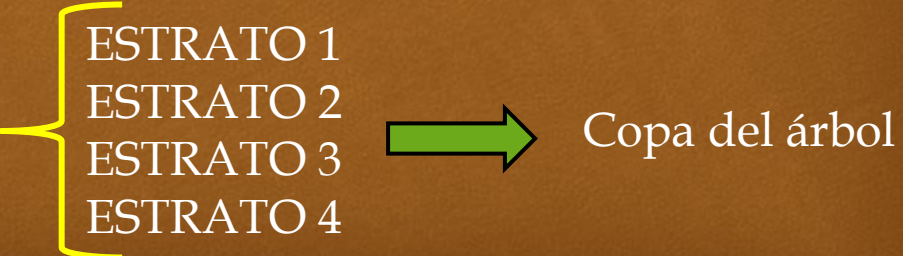
FASES DEL SISTEMA



CUANTIFICACION DE BIOMASA EN FRUTALES

Dendrometría es la ciencia que se ocupa de las mediciones de arboles individuales.

FASES DE MEDICIÓN

- Dendrometría de planta entera 
 - Altura de planta
 - Diámetro de copa
 - Diámetro de tronco
 - Altura de la copa al suelo
- Dendrometría de ramas 
 - Diámetro de la rama
 - Longitud de la rama
- Dendrometría por estratos 
 - ESTRATO 1
 - ESTRATO 2
 - ESTRATO 3
 - ESTRATO 4 → Copa del árbol

ESTIMACIÓN DE BIOMASA RESIDUAL

Cultivo (Datos Internacional)	Di Blasi t/ha	Bioval (2005) t/ha	IIE (2008) t/ha
Olivo	1,70	2,27	2,50
Viña	2,90	2,66	2,50
Melocotonero	2,90	3,24	3,00
Albaricoquero	2,00	2,25	1,24
Almendra	1,70	2,05	1,74
Naranja	1,80	4,57	4,00
Mandarino	-	4,53	4,00

Cultivo (Datos Nacionales)	Media materia seca t/ha
Ciruelo	1,53
Tomate de árbol	10
Duraznero	3,71

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación Geográfica

País: Ecuador
Zona: Administrativa 1
Provincia: Imbabura
Cantón: Pimampiro
Parroquia: Pimampiro
Sector: El Chapí
Altitud: 2400 msnm

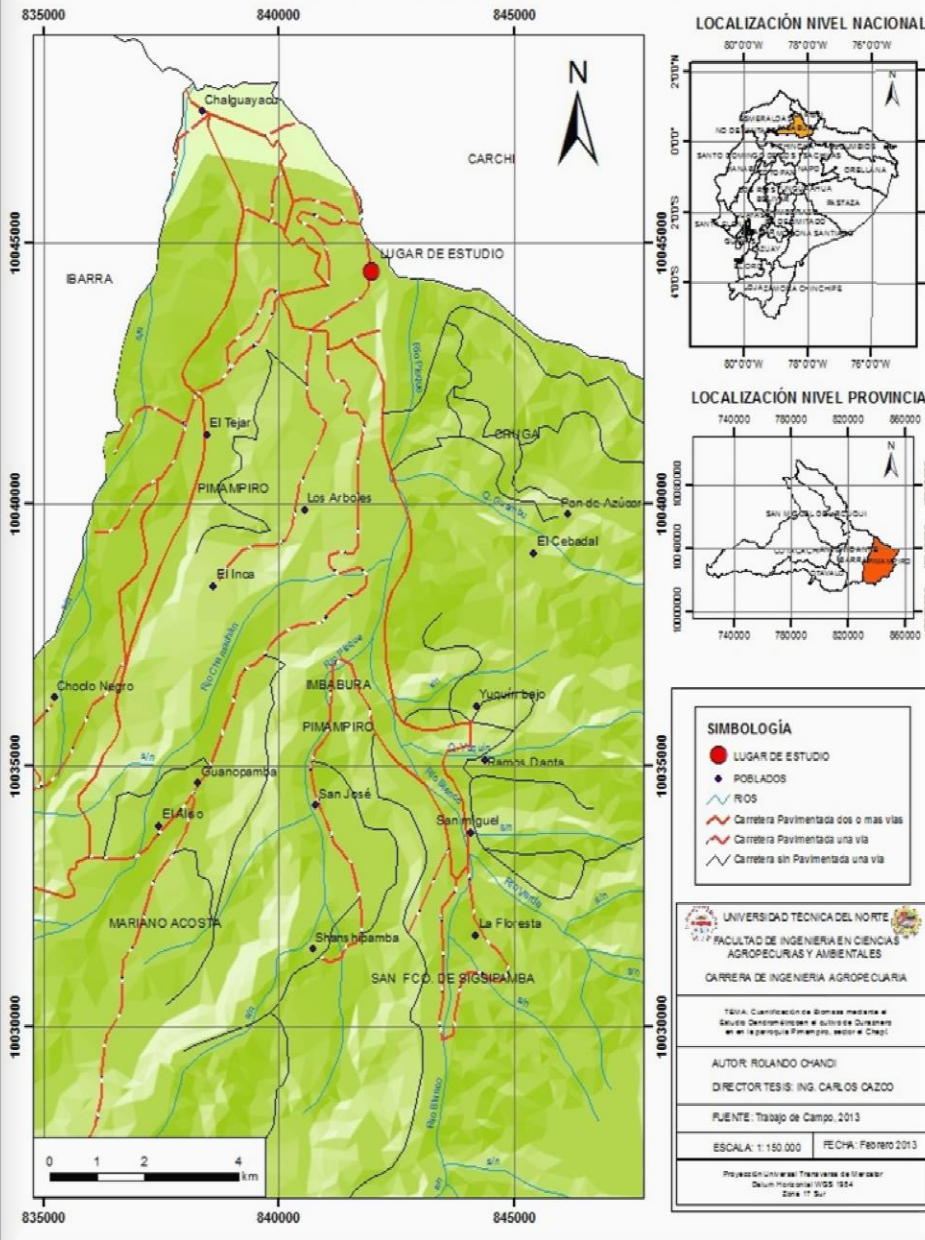
Condiciones Climáticas

Temperatura media anual: 14,8 °C
Precipitación: 1,100 mm/año
Zona de vida: Bosque húmedo, montano bajo

Condiciones Edáficas

Características del suelo:
Textura: franco-arcilloso
Ph: 7.5 – 8.5
Profundidad: media
Pedregocidad: muy baja
MO: alta

MAPA DE UBICACIÓN ENSAYO PARROQUIA PIMAMPIRO



MATERIALES Y EQUIPOS

Materiales

- Cinta métrica
- Pértiga
- Tijeras de podar
- Segueta
- Piola
- Bandejas
- Pie de rey
- Libreta de campo



Equipos

- Balanza digital
- Balanza electrónica
- Dinamómetro
- Equipo de filmación
- GPS
- Estufa

MÉTODOS

Factor en estudio: Cuantificación de biomasa (muestreo de 30 arboles al azar).

Unidad Experimental: Un árbol de duraznero

Análisis Estadístico:

- 1.** Análisis unidimensional de las variables cuantitativas, determinando los estadísticos: media, desv. típica, coef. de curtosis y asimetría, a partir de los cuales se analizó la normalidad de los datos.
- 2.** Análisis multidimensional de las variables cuantitativas a partir de la comparación de cada par de variables, teniendo en cuenta el coeficiente de correlación de Pearson que indicó las relaciones entre variables, ya sean positivas, negativas o neutras.
- 3.** Análisis de la influencia de los factores cualitativos a través del ADEVA de los mismos.
- 4.** Desarrollo de modelos de regresión para predecir las variables respuestas, en base a las mediciones dendrométricas realizadas.
- 5.** Validación del modelo de predicción mediante el análisis de comparación entre variable observable y las variables predichas a través de la prueba de t de student.

Variables Evaluadas:

- Análisis de predicción de la biomasa residual procedente de la poda en el árbol entero.
- Análisis dendrométrico de ramas.
- Análisis dendrométrico de la planta entera.
- Análisis del material vegetal seleccionado en laboratorio (volátiles, humedad, densidad, cenizas).

Características de la unidad experimental:

La unidad experimental fue un árbol de durazno de la variedad “diamante”, de cuatro (4) años de plantados, en producción y un distanciamiento de $4\text{m}^2 \times 4\text{m}^2$ en la plantación.

MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

En un sector de la plantación, se seleccionaron treinta (30) árboles al azar, bajo un marco de plantación de 4 x 4 m y en estado de receso de producción. Los árboles fueron identificados con la numeración de 1 al 30, con pintura blanca en la base de su tallo principal.



ANÁLISIS DE PREDICCIÓN DE LA BIOMASA RESIDUAL PROCEDENTE DE LA PODA EN EL ÁRBOL ENTERO

Cuando el cultivo estuvo en receso de producción en los árboles seleccionados se realizó las siguientes mediciones:

Altura del árbol



Diámetro de copa



Altura del suelo a la copa

Diámetro del tronco



PODA DEL CULTIVO



PESAJE DE LOS RESIDUOS DE PODA



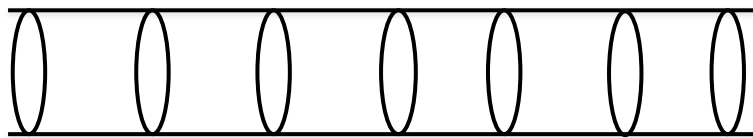
DENDROMETRIA DE RAMAS

Longitud

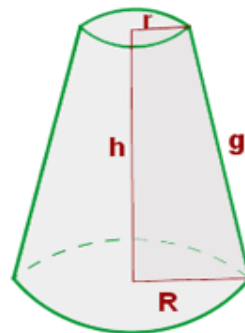
Diámetro



Volumen real de la rama



d_1 d_2 d_3 d_4 d_5 d_6 $d_i...$



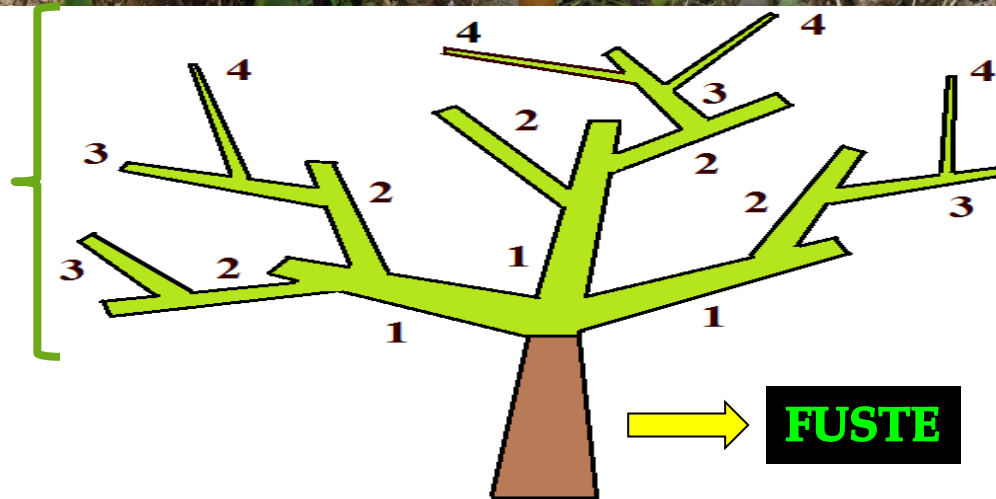
$$V_i = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h \cdot (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

$$V_{real} = \sum_1^i V_i$$

ANÁLISIS DENDROMÉTRICO DE LA PLANTA ENTERA



ESTRATOS:
1, 2, 3 y 4 de la
copa.



CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA BIOMASA

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_h - P_s}{P_h} \cdot 100$$

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$



CENIZAS Y VOLATILES



$$A_d = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100 \times \frac{100}{100 - M_{ad}}$$

Dónde:

m_1 masa, en gramos, del plato vacío;

m_2 masa, en gramos del plato y la muestra;

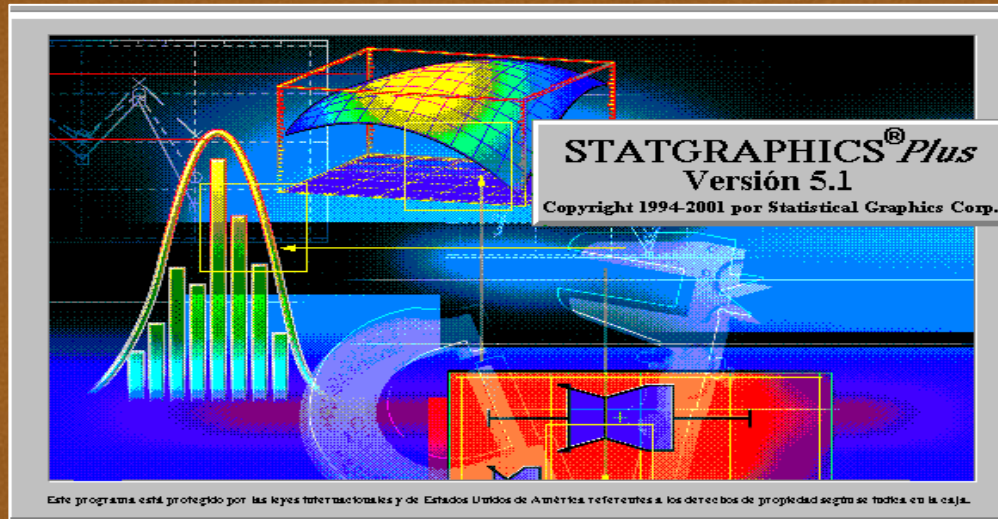
m_3 masa, en gramos, del plato y la ceniza;

M_{ad} porcentaje de humedad contenido en la muestra usada para la determinación.

CURVA DE DESECACIÓN



RESULTADOS Y DISCUSIONES



1. Predicción de la biomasa residual obtenible de la poda a partir de variables fácilmente medibles.
2. Estudio dendrométrico de ramas.
3. Análisis de la biomasa lignocelulósica de la planta entera.
4. Caracterización física de la biomasa en laboratorio.

1. Predicción de la biomasa residual obtenible de la poda a partir de variables fácilmente medibles.

BIOMASA RESIDUAL

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Dt	Dc	Hcs	Ht	Dt2	Dc2	Ht2	DcxDt	DcxHt	DtxHt	BR
1	8,59	350	16	342	73,79	122500	116964	3006,50	119700	2937,78	2,00
2	11,14	302	25	285	124,10	91204	81225	3364,28	86070	3174,90	1,27
3	10,82	380	24	238	117,07	144400	56644	4111,60	90440	2575,16	2,65
4	11,46	592	23	296	131,33	350464	87616	6784,32	175232	3392,16	6,21
5	12,41	420	13	313	154,01	176400	97969	5212,20	131460	3884,33	4,86
6	11,46	476	28	319	131,33	226576	101761	5454,96	151844	3655,74	5,13
7	12,73	454	28	314	162,05	206116	98596	5779,42	142556	3997,22	6,48
8	9,87	486	10	270	97,42	236196	72900	4796,82	131220	2664,90	2,43
9	12,41	420	17	338	154,01	176400	114244	5212,20	141960	4194,58	8,04
10	11,14	316	18	306	124,10	99856	93636	3520,24	96696	3408,84	3,78
11	11,78	576	19	323	138,77	331776	104329	6785,28	186048	3804,94	12,15
12	9,23	448	9	282	85,19	200704	79524	4135,04	126336	2602,86	3,51
13	13,05	454	7	323	170,30	206116	104329	5924,70	146642	4215,15	7,56
14	12,73	464	18	300	162,05	215296	90000	5906,72	139200	3819,00	5,94
15	11,78	430	23	299	138,77	184900	89401	5065,40	128570	3522,22	5,67
16	12,1	456	22	316	146,41	207936	99856	5517,60	144096	3823,60	5,13
17	11,14	490	18	299	124,10	240100	89401	5458,60	146510	3330,86	5,40
18	10,82	404	20	346	117,07	163216	119716	4371,28	139784	3743,72	6,48
19	12,73	420	7	314	162,05	176400	98596	5346,60	131880	3997,22	6,21
20	9,87	360	15	256	97,42	129600	65536	3553,20	92160	2526,72	0,92
21	12,41	380	18	331	154,01	144400	109561	4715,80	125780	4107,71	2,97

NORMALIDAD

STATGRAPHICS Plus - StatFolio sin Nombre

Archivo Edición Gráficos Descripción Comparación Dependencia Avanzado SnapStats! Ver Ventana Ayuda

Análisis Multivariable

Resumen Estadístico

	BR	Dc	Dt	Hcs
Frecuencia	30	30	30	30
Media	5,04633	432,733	11,5953	17,1333
Varianza	6,43655	4810,89	1,69713	36,5333
Desviación típica	2,53704	69,3606	1,30274	6,04428
Mínimo	0,92	302,0	8,59	7,0
Máximo	12,15	594,0	15,23	28,0
Rango	11,23	292,0	6,64	21,0
Asimetría tipi.	1,469	1,58723	0,204232	0,141472
Curtois tipificada	0,798625	1,0707	1,63159	-0,891749

Correlaciones

	BR	Dc	Dt	Hcs
BR		0,6387 (30) 0,0001	0,5248 (30) 0,0029	-0,0690 (30) 0,7172
Dc	0,6387 (30) 0,0001		0,3733 (30) 0,0421	0,0187 (30) 0,9220
Dt	0,5248 (30)	0,3733 (30)		-0,0925 (30)

ANALISIS

STATGRAPHICS Plus - StatFolio sin Nombre - [<Sin Nombre>]

Archivo Edición Gráficos Descripción Comparación Dependencia Avanzado SnapStats! Ver Ventana

Descripción

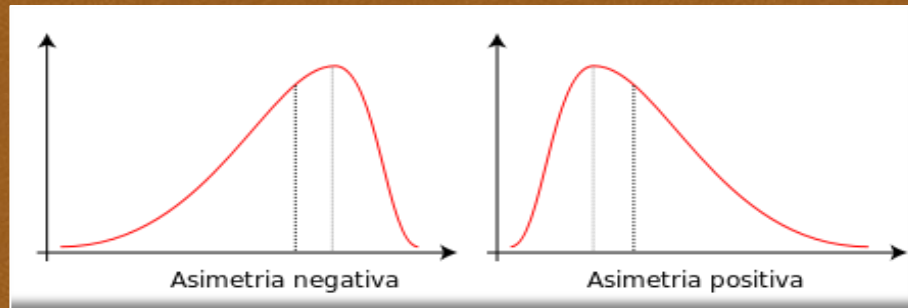
- Datos Numéricos
- Datos Cualitativos
- Distribuciones
- Datos de Vida
- Contraste de Hipótesis...
- Determinación del Tamaño de Muestra...
- Análisis Unidimensional...
- Análisis Multidimensional...
- Análisis de Subgrupo...
- Estadísticas por Filas...
- Transformación de Potencia...
- Límites de Tolerancia Estadística...
- Identificación de Valores Atípicos...

	Dt	Dc	Hcs	Ht	Dt2	Dc2	Ht2	DcxDt	DcxHt	DtxHt	BR
1	8,59	350	16	342	73,79	122500	116964	3006,50	119700	2937,78	2,00
2	11,14	302	25	285	124,10	91204	81225	3364,28	86070	3174,90	1,27
3	10,82	380	24	238	117,07	144400	56644	4111,60	90440	2575,16	2,65
4	11,46	592	23	296	131,33	350464	87616	6784,32	175232	3392,16	6,21
5	12,41	420	13	313	154,01	176400	97969	5212,20	131460	3884,33	4,86
6	11,46	476	28	319	131,33	226576	101761	5454,96	151844	3655,74	5,13
7	12,73	454	28	314	162,05	206116	98596	5779,42	142556	3997,22	6,48
8	9,87	486	10	270	97,42	236196	72900	4796,82	131220	2664,90	2,43
9	12,41	420	17	338	154,01	176400	114244	5212,20	141960	4194,58	8,04
10	11,14	316	18	306	124,10	99856	93636	3520,24	96696	3408,84	3,78
11	11,78	576	19	323	138,77	331776	104329	6785,28	186048	3804,94	12,15
12	9,23	448	9	282	85,19	200704	79524	4135,04	126336	2602,86	3,51
13	13,05	454	7	323	170,30	206116	104329	5924,70	146642	4215,15	7,56
14	12,73	464	18	300	162,05	215296	90000	5906,72	139200	3819,00	5,94

Análisis de varias columnas de datos numéricos

INDICADORES DE NORMALIDAD (-2 y +2)

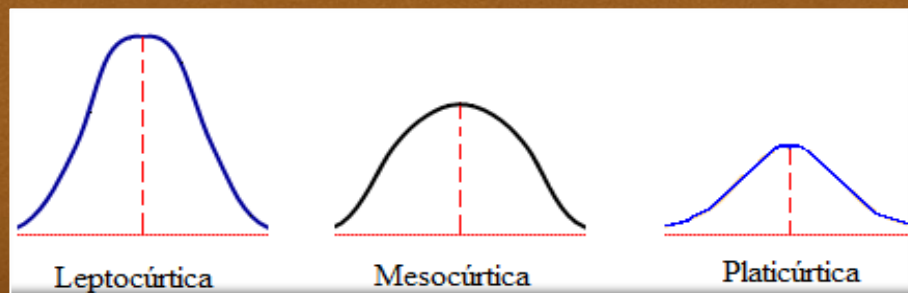
El coeficiente de asimetría es un indicador que permite establecer el grado de simetría o asimetría que presenta una distribución de probabilidad de una variable .



El coeficiente de Curtosis analiza el grado de concentración que presentan los valores alrededor de la zona central de la distribución.

valores positivos que sobrepasan el rango +2, significan una distribución leptocúrtica donde la mayoría de los datos están muy próximos a la media.

valores negativos que sobrepasan el rango -2, significan una distribución platicúrtica en la que los datos se distribuyen alejándose de la media. Cuando los valores obtenidos se concentran en valores intermedios a -2 y +2. Existe distribución mesocúrtica .



1. RESUMEN ESTADÍSTICO DE LOS PARÁMETROS ESTUDIADOS

	Media	Desv. Típica	Coef. De Curtosis	Coef. de Asimetría	Máximo	Mínimo
Biomasa residual (kg)	5,04	2,53	0,79	1,46	12,15	0,92
Diámetro de copa (cm)	432,73	69,36	1,07	1,58	594,0	302,0
Diámetro de tronco (cm)	11,52	1,15	0,27	-1,64	13,23	8,59
Altura de planta (cm)	303,8	25,85	0,17	-1,22	346,0	238,0
Altura del suelo a la copa (cm)	17,12	6,04	-0,89	0,14	28,0	7,0

Asimetría: positiva y negativa (encima y debajo de la media)

Curtosis: Distribución mesocúrtica (intermedio -2 +2).

Análisis de la relación lineal entre las variables a través del coeficiente de Pearson.

	Biomasa residual (kg)	Diámetro de copa (cm)	Diámetro de tronco (cm)	Altura de planta (cm)	Altura de la copa al suelo (cm)
Biomasa residual (kg)	1	0,63	0,50	0,44	-0,07
Diámetro de copa (cm)		1	0,40	0,19	0,018
Diámetro de tronco (cm)			1	0,38	-0,09
Altura de planta (cm)				1	-0,02
Altura del suelo a la copa (cm)					1

El rango -1 a +1 mide la fuerza de relación lineal entre las variables.

Los valores negativos indican las relaciones lineales inversas:

(-0,02) a mayor ht disminuye hcs

Los valores positivos indican relaciones lineales directas:

La BR se relaciona positivamente con el dc, dt, ht (mayor tamaño de planta aumenta BR).

MODELO DE REGRESIÓN

STATGRAPHICS Plus - StatFolio sin Nombre - [<Sin Nombre>]

Archivo Edición Gráficos Descripción Comparación Dependencia Avanzado SnapStats!! Ver Ventana Ayuda

	Dt	Dc	Hcs	Ht	Dt2	Dc2	Ht2
1	8,59	350	16	342	73,79	122500	116964
2	11,14	302	25	285	124,10	91204	81225
3	10,82	380	24	238	117,07	144400	56644
4	11,46	592	23				
5	12,41	420	13				
6	11,46	476	28				
7	12,73	454	28				
8	9,87	486	10				
9	12,41	420	17				
10	11,14	316	18				
11	11,78	576	19				
12	9,23	448	9				
13	13,05	454	7				
14	12,73	464	18				
15	11,78	430	23				
16	12,1	456	22				
17	11,14	490	18				
18	10,82	404	20				
19	12,73	420	7				
20	9,87	360	15				
21	12,41	380	18				
22	13,05	388	12				

Regresión Múltiple - Entrada de Datos

Variable Dependiente: BR

Variables Independientes: Dc, Dc2, DcxDt, DcxHt, Dt, Dt2

[Aceptar] [Cancelar] [Borrar] [Transformar...] [Ayuda]



STATGRAPHICS Plus - StatFolio sin Nombre - [<Sin Nombre>]

Archivo Edición Gráficos Descripción Comparación Dependencia Avanzado SnapStats!! Ver Ventana Ayuda

Regresión Simple...
Regresión Polinomial...
Transformaciones Box-Cox...
Regresión Múltiple...

	Dt	Dc	Hcs	Dc2
1	8,59	350	16	122500
2	11,14	302	25	91204
3	10,82	380	24	144400
4	11,46	592	23	350464
5	12,41	420	13	176400
6	11,46	476	28	226576
7	12,73	454	28	206116
8	9,87	486	10	236196
9	12,41	420	17	176400
10	11,14	316	18	99856
11	11,78	576	19	331776
12	9,23	448	9	200704
13	13,05	454	7	206116
14	12,73	464	18	215296

Ajustar modelo con una o más variables independientes



AJUSTE P-VALORES

STATGRAPHICS Plus - StatFolio sin Nombre - [Regresión Múltiple - BR]

Archivo Edición Gráficos Descripción Comparación Dependencia Avanzado SnapStats!! Ver Ventana Ayuda

Análisis de Regresión Múltiple

Variable dependiente: BR

Parámetro	Estimación	Error estándar	Estadístico T	P-Valor
CONSTANTE	-15,8538	44,6961	-0,354702	0,7267
Dc	-0,192625	0,0925079	-2,08225	0,0511
Dc2	-0,0000393365	0,0000567104	-0,693638	0,4963
DcxDt	0,00734012	0,00809857	0,906347	0,3761
DcxHt	0,000547706	0,000395216	1,38584	0,1818
Dt	12,8149	4,68436	2,73568	0,0131
Dt2	-0,538788	0,282192	-1,9093	0,0714
DtxHt	-0,0116454	0,0134982	-0,862735	0,3990
Hcs	-0,122089	0,0630524	-1,93632	0,0678
Ht	-0,13416	0,268081	-0,500445	0,6225
Ht2	0,000121559	0,000461035	0,263665	0,7949

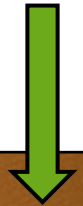
Análisis de Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	134,383	10	13,4383	4,88	0,0015
Residuo	52,2771	19	2,75143		
Total (Corr.)	186,66	29			

R-cuadrado = 71,9934 porcentaje
R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 57,253 porcentaje
Error estándar de est. = 1,65874
Error absoluto medio = 1,06662
Estadístico de Durbin-Watson = 1,52193 (P=0,0672)
Autocorrelación residual en Lag 1 = 0,221282

Modelo de regresión para la biomasa residual de la poda de duraznero

Ecuación	EMA (cm ³)	DTE (cm ³)	r ²	p- Valor
$BR = 23,8156 - 0,146979 \cdot Dc$ $+ 0,000553266 \cdot Dc \times Ht$ $+ 4,75274 \cdot Dt - 0,203241 \cdot Dt^2$ $- 0,183182 \cdot Ht$	1,01	1,34	0,76	<0,05



estadísticamente muestra un nivel de confianza del 99%.

- EMA: error medio absoluto
- DTE: desviación típica de los errores
- r²: coeficiente de determinación
- BR: Biomasa residual (cm³)
- Dc: Diámetro de copa (cm)
- Ht: Altura total de la planta (cm)
- Dt: Diámetro de tronco (cm)

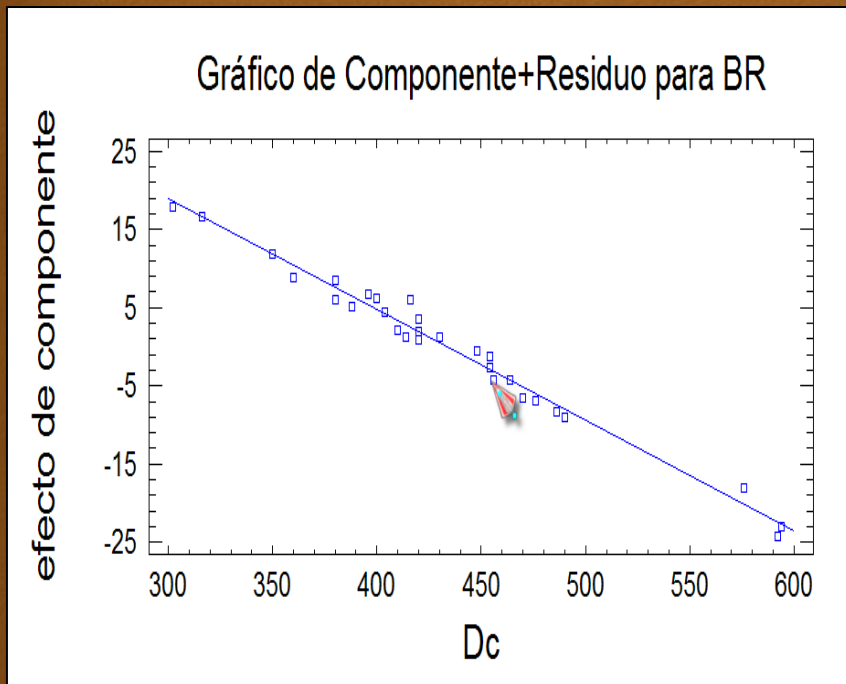
r² indica que el modelo explica un 76% de la variabilidad en BR.

Ambato – tomate de árbol (82%)
Ibarra – ciruelo (81%)

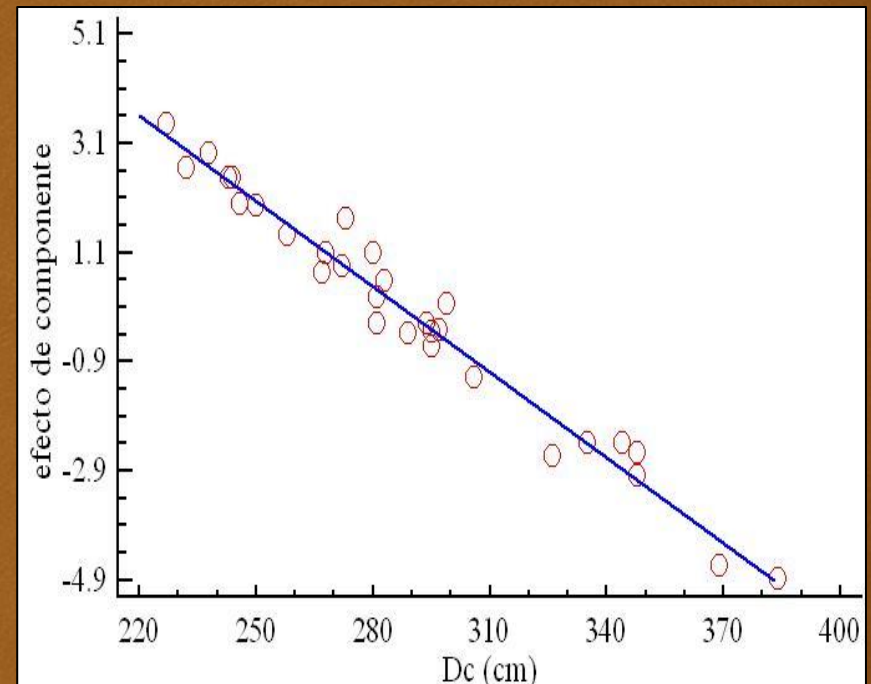


Variabilidad y factores no controlados

Gráfico de Componente + Residuo para biomasa residual al modelo ajustado r^2 del 77%



A) Gráfico de Componente + Residuo en durazno



B) Componentes más residuo para biomasa residual en ciruelo.

2. ESTUDIO DENDROMÉTRICO DE RAMAS.

	Media	Desv. Típica	Coef. de Curtosis	Coef. de asimetría	Máximo	Mínimo
Volumen real (VR) (cm ³)	453,99	223,62	0,77	2,61	1017,92	172,62
Volumen modelo (Vm) (cm ³)	1241,54	645,64	-0,42	2,02	2603,13	398,08
Diámetro de la base (Db) (cm)	2,67	0,60	-1,15	0,79	3,79	1,66
Longitud de la rama (L) (cm)	207,96	30,47	0,24	-1,14	261,0	138,0

Asimetría: positiva y negativa (encima y debajo de la media)

Curtosis: Distribución mesocúrtica (intermedio -2 y +2)

Análisis de la relación lineal entre variables a través del coeficiente de Pearson

	Diámetro de la base (cm)	Longitud de la rama (cm)	Volumen real (cm ³)	Volumen modelo (cm ³)
Diámetro de la base (cm)	1	0,23	0,86	0,94
Longitud de la rama (cm)		1	0,53	0,49
Volumen real (cm ³)			1	0,93
Volumen modelo (cm ³)				1

El rango -1 a +1 mide la fuerza de relación lineal entre las variables.

Los valores positivos indican relaciones lineales directas:

(0,23) Relación entre Db y L muy débil.

Ramas con mayor diámetro fueron largas y cortas.

Modelo de regresión para las ramas

Ecuación	EMA (cm ³)	DTE (cm ³)	R ²	p- Valor
$VR = 51,8527 + 0,254395 \cdot Db^2 \cdot L$	53,14	80,59	0,87	<0,05

EMA: error medio absoluto

DTE: desviación típica de los errores

r²: coeficiente de determinación

VR: Volumen de la rama del estrato (cm³)

L: Longitud (cm)

D: Diámetro de la base (cm)

r² indica que el modelo explica un 87% de la variabilidad en VR.

Ambato – tomate de árbol (93%)

Ibarra – ciruelo (91%)

Factores de forma en cada uno de los modelos geométricos estudiados

	F cilindro	F paraboloides	F cono	F neiloide
Media	0,38	0,76	1,13	1,51
Desviación tip.	0,06	0,12	0,18	0,25

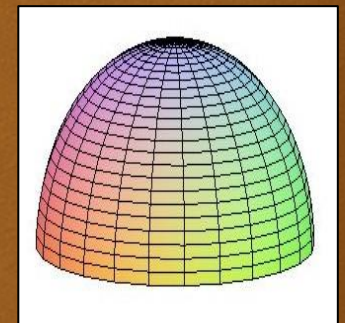
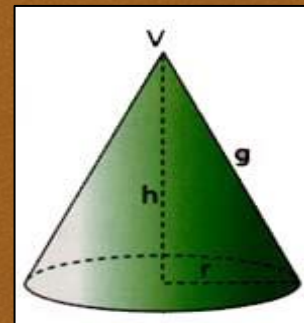
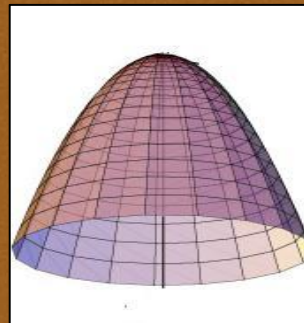
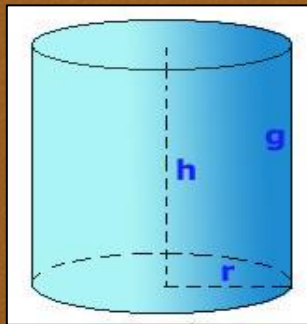
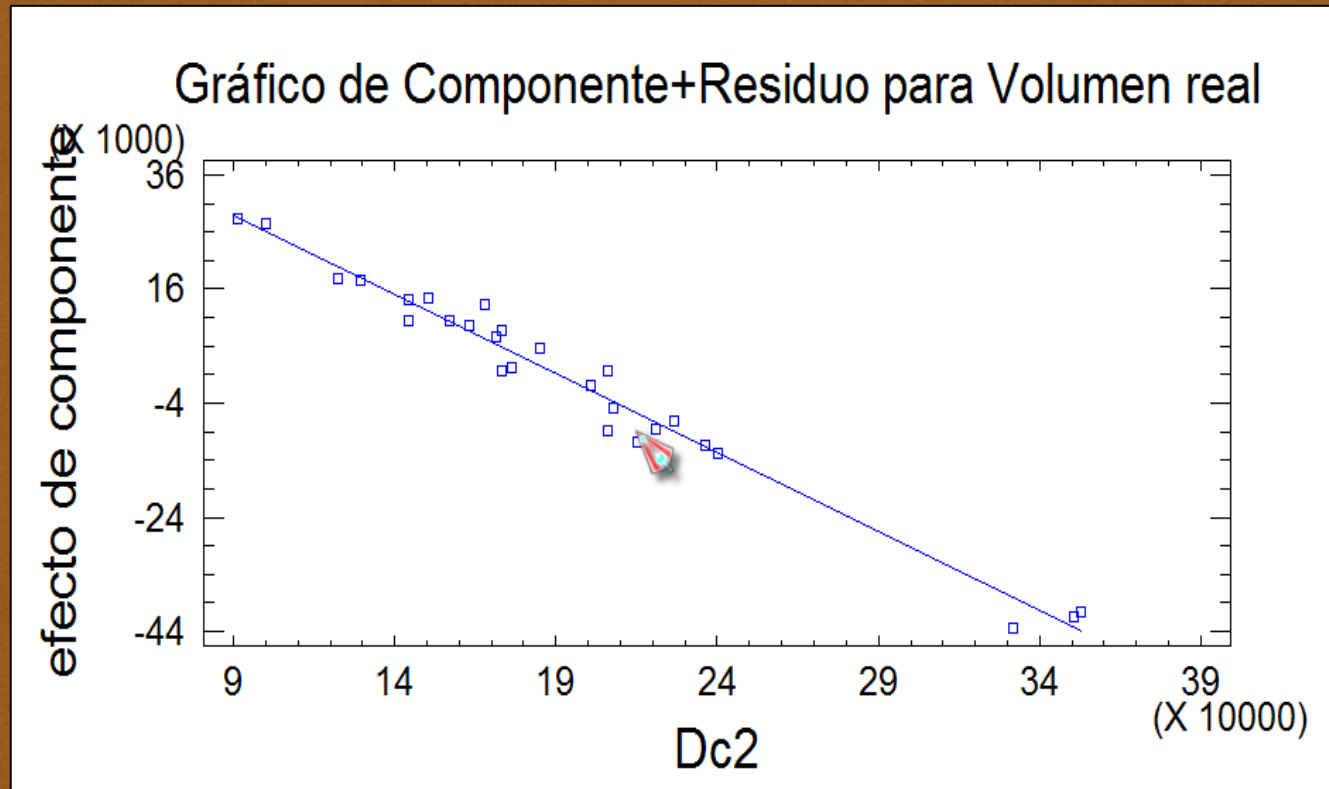


Gráfico de Componente + Residuo para el volumen real de las ramas.



3. ANÁLISIS DE LA BIOMASA LIGNOCELULÓSICA DE LA PLANTA ENTERA

	Media	Desv. típica	Coef. de Curtosis	Coef. de asimetría	Máximo	Mínimo
Volumen real de la planta entera (cm ³)	22661,1	6867,47	0,45	1,92	39732,4	11374,5
Volumen aparente de la planta entera (modelo cilíndrico)	46,03	16,61	2,37	2,86	93,39	20,42
Diámetro de copa (cm)	432,73	69,36	1,07	1,58	594,0	302,0
Diámetro de tronco (cm)	11,62	1,40	3,58	1,51	16,23	8,59
Altura de planta (cm)	303,8	25,85	0,17	-1,22	346,0	238,0
Altura del suelo a la copa (cm)	17,12	6,04	-0,89	0,14	28,0	7,0
Factor de ocupación (cm ³)	531,65	183,15	0,29	1,00	1009,15	212,25

Asimetría: positiva y negativa (encima y debajo de la media)

Curtosis: Distribución mesocúrtica (intermedio -2 +2),

Modelo de regresión para la predicción de la biomasa residual

Ecuación	EMA (cm ³)	DTE (cm ³)	r ²	p-Valor
$VT = -3922,98 - 0,524534 \cdot Ht^2 - 0,309826 \cdot Dc^2 + 0,903928 \cdot Dc \cdot Ht + 113,158 \cdot Dt^2$	2462,51	3448,97	0,75	<0.05

EMA: error medio absoluto

DTE: desviación típica de los errores

r²: coeficiente de determinación

VT: Volumen de la biomasa residual (cm³)

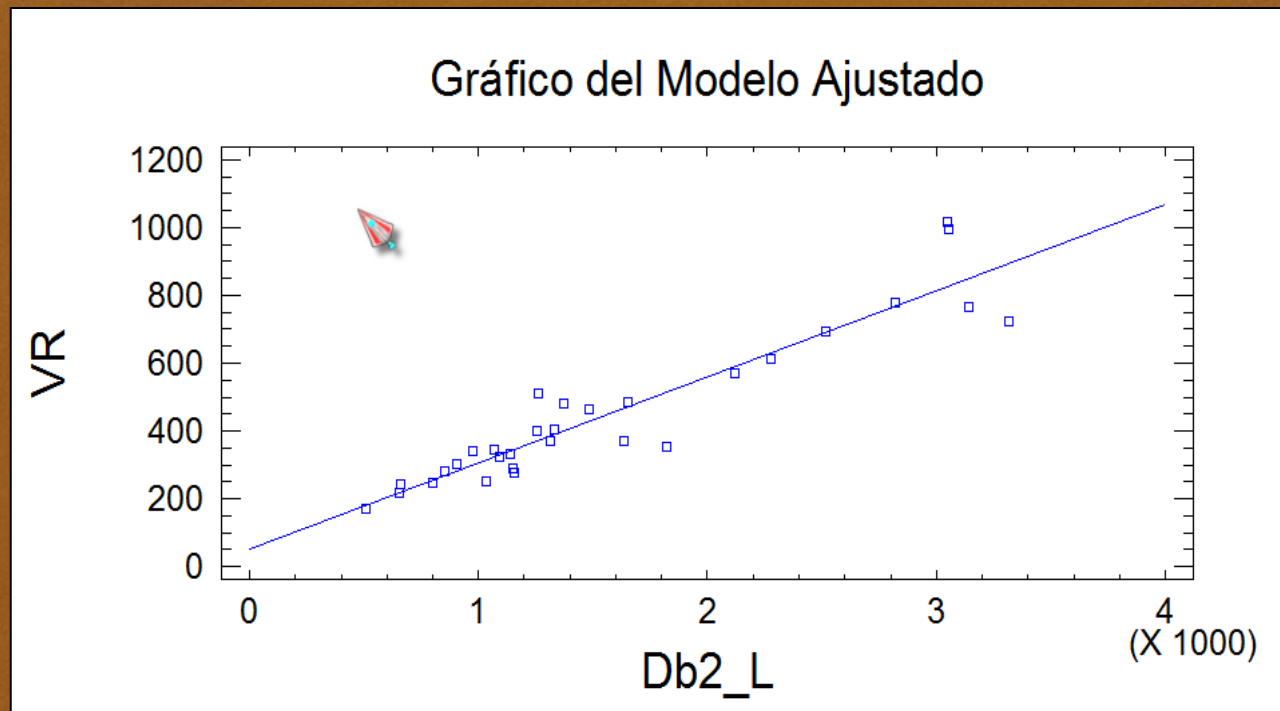
Ht: Altura total de la planta (cm)

Dc: Diámetro de copa (cm)

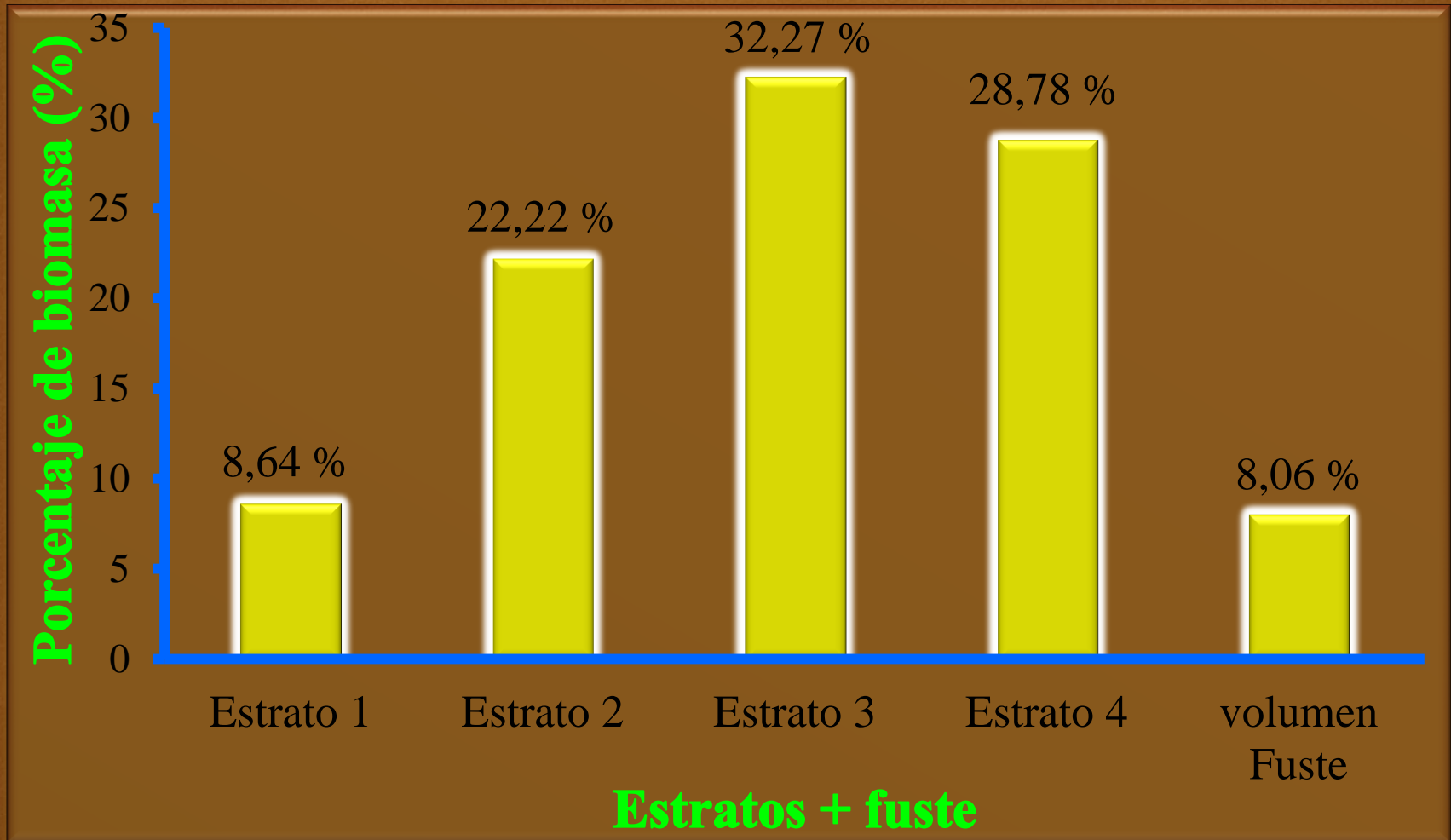
Dt: Diámetro de tronco (cm)

r² indica que el modelo explica un 75% de la variabilidad en VT.

Gráfico del modelo ajustado para el volumen total de la planta.



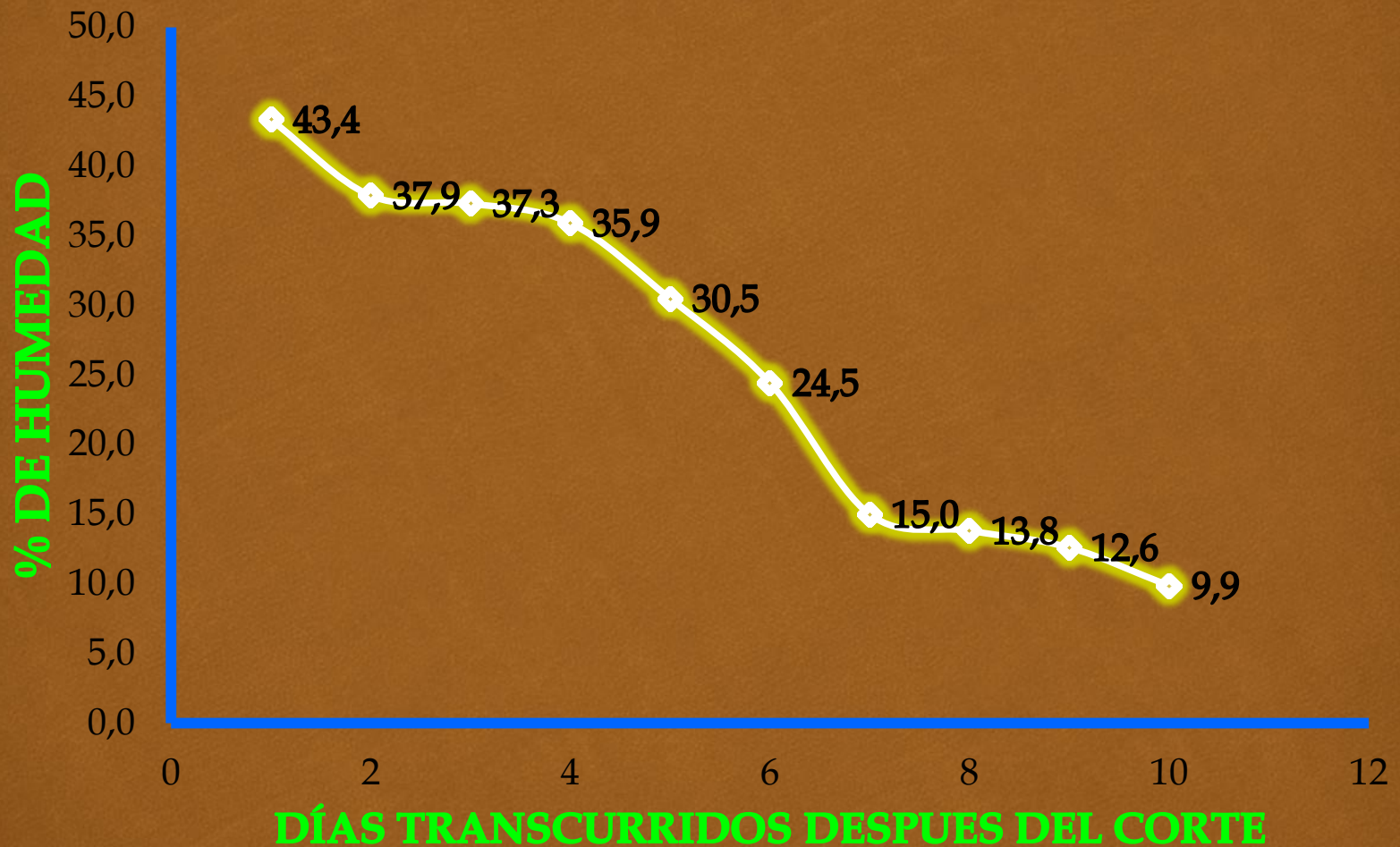
Distribución de la biomasa en el árbol



4. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA BIOMASA

	Promedio x
Humedad %	46,92
Cenizas %	8,81
%Volátiles + Carbono fijo	91,19
Densidad Húmeda g/cm³	1,18
Densidad Seco g/cm³	0,91

Curva de desecación del material leñoso hasta el 10% de humedad



CONCLUSIONES

Se concluye que la biomasa residual media de las plantas de duraznero es de 5,95 kg de materia seca por planta. Teniendo en cuenta que el marco de plantación más común es de 4m² x 4m² este valor supone una biomasa potencial disponible de 3,71 toneladas de materia seca por hectárea.

Se ha caracterizado la forma y el volumen de las ramas en cada uno de los estratos, la forma de las ramas se ajusta bien a una forma paraboloidal. Las funciones de volumen calculadas poseen coeficientes de determinación altos, por lo que se consideran adecuadas para su aplicación práctica. Es decir, estas ecuaciones son en el futuro una buena herramienta para el cálculo del volumen de cualquier rama de duraznero a partir del diámetro de su base y su longitud.

La biomasa de la planta entera se distribuye de forma irregular, siendo el estrato tres (32%) y cuatro (28%), donde se concentra la mayor parte de la biomasa de la planta, los estratos uno y dos contienen 8% y 22% respectivamente.

Los métodos para predecir de forma aproximada la biomasa contenida en la planta entera .Bien se puede aplicar esta ecuación de volumen. ($VT = -3922,98 - 0,524534 \cdot Ht^2 - 0,309826 \cdot Dc^2 + 0,903928 \cdot Dc \cdot Ht + 113,158 \cdot Dt^2$), con un coeficiente de determinación del 75%, lo que supone que la ecuación sería apto para su aplicación práctica.

El material lignocelulósico en base a los parámetros físicos de humedad (46,92%), densidad seca (0,91 g/cm³), densidad humedad (1,1 g/cm³), contenido en cenizas (8,81%) y de volátiles (91,19%). El contenido alto en materias volátiles indica que este residuo podría tener buena aptitud para la combustión directa en caldera o para procesos de gasificación.

El tiempo medio de desecación de la biomasa residual es de 13 días, si ésta se almacena en un sitio cerrado con una temperatura y humedad ambiental típicas de la provincia de Imbabura.

RECOMENDACIONES

Realizar cuantificación de biomasa mediante el estudio dendrométrico en diferentes cultivos frutales para conocer la cantidad de materia seca por planta y para qué tipo de biocombustibles es apto la biomasa.

Realizar estudios de transformación de biomasa en energías renovables (bioalcohol, biodiesel, biogás, etc.), a partir de los resultados que se obtuvieron en esta investigación.

Determinar el calibre de frutos en los estratos 3 y 4, con el fin de conocer la producción efectiva y su calidad.



**Gracias por su
Atención**