

ÍNDICE

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 Bosques, selvas y su relación con el cambio climático	5
2.2 Bosques y Selvas	7
2.2.1 Selvas subcaducifolias	8
2.3 Servicios Ecosistémicos (SE) de las Selvas Tropicales	9
2.3.1 Biomasa Forestal y su Importancia.	11
2.3.2 Captura y Almacenamiento (secuestro) de Carbono.	14
2.5 Dasometría y la alometría en ecosistemas forestales y su aplicación	16
2.5.1 Ecuaciones alométricas	19
III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	21
3.1 HIPÓTESIS	21
3.2 OBJETIVOS	21
Objetivo general	21
Objetivo específicos	21
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
V. CAPITULO 1	31
Este artículo fue sometido a la revista Madera y Bosques y fue aceptado para su publicación (ver anexo 3)	31
Evaluación de ecuaciones alométricas de biomasa epígea en una selva mediana subcaducifolia de Yucatán	31
Resumen	32
Abstract	33
Introducción	34
Materiales y Métodos	38
Área de estudio	38
Muestreo	39
Análisis estadísticos	41
Resultados	45
Análisis de correlación y tendencia	45
Ecuaciones alométricas elaboradas	45
Comparación con otras ecuaciones existentes	48

Discusión	52
Ecuaciones alométricas elaboradas	52
Comparación con otras ecuaciones existentes	53
Conclusiones	55
Reconocimientos	56
Referencias	57
VI. CAPITULO 2	65
ALLOMETRIC EQUATIONS OF ABOVE-GROUND BIOMASS SHOULD CONSIDER SHIFTS IN TREE ALLOMETRY	65
Abstract	66
Management and Policy Implications	67
Introduction	68
Materials and Methods	70
Results	73
Discussion	82
Conclusions	84
Acknowledgment	85
Literature Cited	85
VII. DISCUSIÓN GENERAL	92
7.1 ¿Las ecuaciones locales son mejores que las ecuaciones no locales o globales?	92
7.2 Alometría y sus implicaciones en la estimación de BE	94
7.3 Ecuaciones alométricas elaboradas	95
7.4 Comparación de uso de ecuaciones alométricas locales contra ecuaciones alométricas existentes en la literatura y su uso combinado.	96
7.5 Implicaciones para el manejo de la selva mediana subcaducifolia	96
VIII. CONCLUSIONES GENERALES	97
IX. SUGERENCIAS	99
X. REFERENCIAS	99
XI. ANEXOS	101
Anexo 1	101
Anexo 2	104
Anexo 3	109
Anexo 4	110

RESUMEN

La presente tesis evalúa diferentes ecuaciones alométricas, estudiando los posibles cambios en la alometría de los árboles y su repercusión para la estimación de la biomasa epigea (BE) para una selva mediana subcaducifolia. Se aplicó el método destructivo con 18 especies, para un total de 47 árboles y una variación de número entre 1 a 7 individuos por especie. Los criterios para seleccionarlos fueron: especies con mayor BE registrada en inventarios previos, la amplitud de variabilidad en la densidad de madera (Pw) y especies representativas de la zona con base en su uso. Se midió el diámetro normal o diámetro a la altura de pecho ($D = DN = DAP$) y la altura (H) de cada árbol. Se seccionaron tallos, ramas y se pesaron muestras de las secciones y de las hojas para obtener su peso seco, extrapolar a todo el individuo y estimar así la BE. Se evaluaron diferentes expresiones matemáticas cumpliendo con la teoría de alometría de los árboles, ecuaciones existentes y combinaciones posibles para mejorar la estimación de la BE. Se realizó una regresión por segmentos para detectar cambios en la alometría entre la H y la BE, así se definieron las categorías diamétricas, las cuales fueron dos: 2.5 a 9.9 cm y ≥ 10 cm. Se exploraron cuatro ecuaciones alométricas (dos ecuaciones con expresiones de volumen (D^2H) y Pw, una expresión con D, H y la Pw como variables independientes y una última expresión que solo considera el D y H) para la primera categoría y tres ecuaciones para la segunda (se utilizaron los criterios de la primera categoría). Se empleó el criterio de información de Akaike, el valor de R^2 y validación cruzada para seleccionar los mejores modelos y la mejor combinación de modelos. La ecuación 1 $AGB = \exp(-2.66932 + 0.93917 \ln(D^2HPw))$ cuya categoría diamétrica es entre 2.5 a 9.9 cm, presentó mejores resultados después de la validación con R^2 ajustado de 0.77, un coeficiente de concordancia (AC) de 0.72 y una raíz del cuadrado medio del error (RMSE) de 2.978; influyendo así en la combinación con la ecuación 5 del mismo capítulo en una eficiencia de modelización (MEF) de 0.77, un coeficiente de determinación (DC) de 1.00 y un coeficiente de error (C) de 0.34. Esta combinación de ecuaciones presentó RMSE menor de la BE que la utilización de una sola ecuación local o la combinación con otras ecuaciones elaboradas en la región. Por lo tanto, recomendamos el uso de la ecuación 1 del segundo capítulo para su evaluación y uso en selvas con condiciones similares a las del presente estudio. Los cambios en la alometría de los árboles deberían explorarse en otras selvas y bosques, para mejorar las estimaciones de la BE y la planificación del manejo forestal.

Palabras clave: Almacenamiento de carbono, altura del árbol, categorías diamétricas, regresión por segmentos, validación, selva tropical estacionalmente seca.

ABSTRACT

The aim of the current thesis was to develop and evaluate allometric equations of aboveground biomass (AGB) for a semi-deciduous tropical forest. The destructive method was applied to 18 species, for a total of 47 trees, with a range of 1 to 7 individuals per species. The criteria for selection were: species with greater AGB recorded in previous inventories, a wide amplitude of variability in the density of wood (Pw) and representative species of the area based on their use. The diameter at breast high or normal diameter ($D = DN = DBH$) and total tree height (H) were measured. The stems and branches were defoliated and then sectioned, and samples of the each section and leaves were dried and weighed to extrapolate to the whole individual and thus estimate AGB. Different mathematical expressions were evaluated complying with theory of allometry of trees, existing equations and possible combinations to improve the estimation of AGB. A linear regression analysis was used to detect changes in the allometric relationships among DBH, H and AGB to define diameter categories. Two diameter categories were determined: 2.5-9.9 cm DBH and ≥ 10 cm DBH; four allometric equations (two equations with the expressions of volume (D^2H) and Pw, one with an expression of DBH, H and the Pw as independent variables and a final one that considers only DBH and H) for the first category, and three equations for the second (with similar expressions as the first category) were explored. Akaike's information criterion (AIC), the R^2 value, cross validation, and deviation measures were used to select the best models and the best combination of models. Equation 1 $AGB = \exp(-2.66932 + 0.93917 \ln(D^2HPw))$, whose diametric category was between 2.5 to 9.9 cm, had the best results with an adjusted R^2 value of 0.77, a coefficient of concordance (AC) of 0.72 and a root-mean-square-error (RMSE) of 2.978. This equation also yielded the best combination of allometric models with equation 5 showing an efficiency of modelling (MEF) of 0.77, a determination coefficient (DC) of 1.00 and a coefficient of error (C) 0.34. This combination further yielded a lower RMSE than using a single model or combinations with allometric models developed in the region based on much larger sample sizes. Therefore, we recommend the use of equation 1 of the second chapter for your evaluation and use in tropical forests with similar conditions. The change in the allometry of trees of different sizes explains why the use of two local allometric equations allows a better estimation of AGB than the use of a single equation

that assumes a unique allometric relationship. Shifts in the allometry of trees should be tested in other forests to improve estimates of AGB and to improve forest management planning.

Keywords: Carbon storage, tree height, diameter categories, segmented regression, validation, seasonally dry tropical forest