

Dinámica de la fitomasa de la parte aérea en una plantación de *Pinus caribaea* Morelet, en el distrito forestal San Andrés, Provincia de Pinar del Río, Cuba*

Luis HERNÁNDEZ MARTÍNEZ** y Bertha SANDRINO CANTERO**

ABSTRACT. The dynamics of aerial phytomass in a *P. caribaea* plantation at the forestal ditrict of San Andres, Pinar del Rio Province was studied. Observations were done when the plantation was 15.5 and 19.5 years old, taking into account the biomass increment relation with precipitations. Regression equations were obtained between $\ln d_{1.30}$ and \ln phytomass of the tree components, as well as with the total phytomass. At the 15.5 years plantation the aerial phytomass amounted 108.9 t ha^{-1} , with a mean annual increment of 7.03 t ha^{-1} . This figure is very similar to that obtained during the four years of the study ($7.45 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$). The understoried annual mean production was 4.14 t ha^{-1} , 72.2% belonging to grasses and 28.8 % to the other components. Living parts represented 52.4 %. The mean PP of the ecosystem during the four years of the study was $19.62 \text{ t ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$, showing considerable variations between dry and humid years.

KEY WORDS. Phytomass, Prodoctivity, ecosistem *Pinus caribaea*, understoried and regression equation.

INTRODUCCIÓN

La producción es esencialmente un proceso fisiológico que implica la formación de materia orgánica mediante la fotosíntesis. La cantidad total de materia viva (llevada a peso seco constante) en un momento dado en un sistema biológico constituye la biomasa, la cual puede ser medida directamente por pesadas o estimada a través de las ecuaciones de regresión (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980).

En un ecosistema forestal, la producción de materia seca total se considera como una de las medidas de eficiencia de todos los componentes del ecosistema (Rochow, 1974) y la producción de madera está íntimamente relacionada con la eficiencia. UNESCO/PNUMA/FAO (1980) indican que como promedio para 14 ecosistemas la productividad primaria en ecosistemas forestales tropicales ascienden a $20 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, oscilando entre $9\text{-}32 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$; y se observa una tendencia a que los valores más altos se produzcan en las regiones con humedad muy constante y los menores en áreas con estación seca prolongada u otro tipo de limitante ambiental.

En Cuba hay pocos trabajos relacionados con la dinámica de la producción de los ecosistemas forestales. Sagué (1976) y Hernández (1985) realizaron estudios de la productividad primaria neta de una plantación de *Hibiscus elatus* Sw. en la Sierra del Rosario. Menéndez (1988) y Lastres y Francés (1989) estudiaron la producción de hojarasca para los bosques latifolios de la Estación Ecológica de Sierra del Rosario y del Parque La Güira respectivamente. Geigel (1977) investigó la producción de hojarasca en *Pinus caribaea* y cinco especies latifolias, para tres ecosistemas de la región occidental del país.

El objetivo de este trabajo fue determinar la dinámica de la fitomasa aérea en la plantación de *Pinus caribaea* y relacionar ésta con la producción de hojarasca, y con la producción del sotobosque; así como la influencia de los factores del medio. Esto permitirá extrapolar los valores a otras áreas forestales con condiciones semejantes, permitiendo realizar estimados del potencial de madera, resinas y tanino y balance de CO_2 .

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se basaron fundamentalmente en las recomendaciones dadas por el manual No. 2 del Programa

Biológico Internacional, para el estudio de la producción de los ecosistemas terrestres (Newbould 1967). Se tomó una parcela de 0.1 ha (20X50 m) para el estudio de las mediciones no destructivas de la plantación, con mediciones anuales del diámetro del fuste a 1.30 m del suelo ($d_{1.30}$), altura del fuste, longitud y diámetro de la copa. La parcela se subdividió en pequeñas parcela de 10x10 m y en el centro de cada una se colocó una trampa de 50x50 cm para la recolección mensual de la hojarasca. También se colectaron en tres de éstas parcelas seleccionadas al azar las ramas del piso. En las áreas aledañas a la parcela de mediciones no destructivas se cortaron 10 árboles por cada clase diamétrica (entre los 90 y 270 mm), para un total de 100 árboles. Se derribaron cortando a ras del suelo, determinando el peso (inmediatamente) del fuste, las ramas y las hojas por separado. Se tomó una rodaja en la base en el centro y en el extremo del fuste; separando el material en corteza y leño. Se tomaron submuestras de las ramas y las hojas. Todas las submuestras, después de obtener el peso fresco se enviaron al laboratorio en sacos de poliestireno, donde se pusieron en estufa a 70°C , hasta la obtención del peso seco constante (aproximadamente 48 horas). Los valores de las submuestras se utilizaron para calcular los pesos secos de las muestras correspondiente.

A los valores obtenidos del peso seco del fuste, de las ramas y de las hojas por cada clase diamétrica se les determinaron las ecuaciones de regresión con respecto a los del $d_{1.30}$ en milímetros y el peso seco de cada uno de los componentes y del árbol en gramos. Éstos sirvieron para determinar la fitomasa anual en la plantación en la parcela de mediciones no destructiva.

La producción de los componentes de la hojarasca (hojas, ramas, flores y frutos) se colectaron cada mes y se secaron en estufa a 70°C , durante cuatro años.

Para el estudio del sotobosque alrededor de la parcela de mediciones de la plantación, se tomaron 10 parcelas de 100m^2 cada una para el muestreo destructivo de los componentes del sotobosque. En cada parcela mensualmente se tomó una muestra de 0.25m^2 (de forma aleatoria). El material colectado fue enviado al laboratorio en sacos de poliestireno y procesados inmediatamente. Se separaron en componentes vivos y muertos; estos a su vez, en gramíneas y otros componentes herbáceos, más los bejucos. El material fue secado de igual forma que el estrato arbóreo, pesando en

*Manuscrito aprobado en Noviembre del 2002.

**Instituto de Ecología y Sistemática, A.P. 8029, C.P. 10800, La Habana, Cuba.

balanza con precisión de 0.1 gramo.

Para el cálculo de la productividad anual nos basamos en los métodos usados por Lastres y Sagué (1981) adaptados a nuestras condiciones de muestreo.

- ◆ $P = (B_{1g} - B_{2g}) + (B_{1hb} - B_{2hb}) + (M_{1g} - M_{2g}) + (M_{1hb} - M_{2hb})$.
- ◆ donde P= a la productividad en $g \cdot m^{-2} \cdot año^{-1}$
- ◆ B_{1g} = Biomasa viva de las gramíneas en el mes de mayor cantidad.
- ◆ B_{2g} = Biomasa viva de las gramíneas en el mes de menor cantidad.
- ◆ B_{1hb} = Biomasa viva de otras plantas herbáceas más los bejucos, en el mes de mayor cantidad.
- ◆ B_{2hb} = Biomasa viva de otras plantas herbáceas más los bejucos, en el mes de menor cantidad.
- ◆ M_{1g} = Biomasa muerta de las gramíneas en el mes de mayor cantidad.
- ◆ M_{2g} = Biomasa muerta de las gramíneas en el mes de menor cantidad.
- ◆ M_{1hb} = Biomasa muerta de otras plantas herbáceas más los bejucos, en el mes de mayor cantidad.
- ◆ M_{2hb} = Biomasa muerta de otras plantas herbáceas más los bejucos, en el mes de menor cantidad.

Los datos climáticos (temperatura y lluvias) se tomaron de la Estación Climática "Amistad" cercana a nuestras áreas de investigación y pertenecientes al Instituto de Hidroeconomía, las cuales sirvieron de base para la confección de los climadiagramas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los pinos se caracterizan por poseer una corteza seca abundante, la cual está expuesta a caerse frecuentemente por la acción de los factores del medio, razón por la cual consideramos oportuno eliminar la parte superficial mas expuesta a éstos en la parcela de mediciones no destructivas, igual criterio se siguió en los árboles a talar, en los cuales se midieron los diámetros, antes y después de eliminar ésta. Al correlacionar los valores de los diámetros con la corteza seca y sin ésta, se obtuvo la siguiente ecuación de regresión: $Y = 1.01383X - 0.17749$, significativas al 99% y con un coeficiente de regresión (R^2) igual a 0.985; donde Y es igual al \ln del $d_{1.30}$ en mm con la corteza y X \ln del $d_{1.30}$ sin la corteza seca. Este resultado nos permite extrapolar los valores obtenidos a otras áreas sin tener que quitar la corteza seca del árbol.

Las ecuaciones de regresión obtenidas de los 100 árboles talados entre las clases diamétricas 90 y 270mm (Tabla 1), poseen un alto coeficiente de regresión y son significativas al 95%. Las correlaciones entre el \ln del $d_{1.30}$ en mm fuste y la fitomasa del árbol total presentaron los coeficientes de regresión (R^2) más altos. Hernández y Sandrino (1986) obtuvieron para *P. caribaea* altos R^2 al correlacionar la fitomasa del fuste con el volumen de éste. Todas las ecuaciones son significativas al 95% y poseen un alto coeficiente de regresión. El coeficiente de regresión en casi todos los casos es más alto que el encontrado para distintos métodos por Egunjobi (1976) en *Pinus caribaea* en Nigeria.

Mediante las ecuaciones de regresión se realizó el estimado de la fitomasa de los componentes del árbol para cada clase diamétrica (Tabla 2). Con estos valores y los obtenidos en la parcela de mediciones no destructivas de la plantación (Tabla 3), se obtuvieron los estimados de la fitomasa en el transcurso de los años de observación.

Tabla 1. Ecuaciones de regresión entre el logaritmo neperiano del diámetro del tronco a 1.30 metro del suelo en mm ($\ln d_{1.30}$) y el logaritmo neperiano de la fitomasa de los componentes aéreos del árbol en gramos. F = Significación ANOVA. R^2 = Coeficiente de Determinación.

Ecuaciones de regresión	F	R^2
$Y_1 = 2.496984x - 1.455917$	2601*	0.96369
$Y_2 = 2.942667x - 5.940346$	611*	0.86183
$Y_3 = 2.952991x - 6.955422$	521*	0.84176
$Y_4 = 2.567339x - 1.614811$	2916*	0.96748

* = Significativas al 95%

x = \ln del $d_{1.30}$ metro del suelo en mm

Y_1 = \ln de la fitomasa del fuste en gramos

Y_2 = \ln de la fitomasa de las ramas en gramos

Y_3 = \ln de la fitomasa de las hojas en gramos

Y_4 = \ln de la fitomasa del árbol en gramos

Tabla 2. Fitomasa en gramos de los distintos componentes del árbol y del total de éste, estimado mediante las ecuaciones de regresión.

$D_{1.30}$ (mm)	Fuste	Ramas	Hojas	Árbol Total
90	18040	1480	892	20700
110	25570	2671	1613	34640
130	45180	4368	2641	53220
150	52100	5162	3123	61570
170	88270	9615	5831	100590
190	116600	13340	8101	141100
210	149600	17900	10880	182200
230	187800	23440	14240	230100
250	231200	29910	18210	285100
270	253100	33260	20260	312600

Tabla 3. Número de árboles según clases diamétricas en la parcela de mediciones no destructivas para diferentes años de la plantación de *Pinus caribaea*.

$d_{1.30}$ (cm)	Valores comprendidos para cada clase diamétrica	15 años	16 años	17 años	18 años	19 años
7	(6 - 7.9)	1	1	1	1	1
9	(8 - 9.9)	3	3	2	2	2
11	(10 - 11.9)	14	14	13	13	10
13	(12 - 13.9)	25	24	22	18	14
15	(14 - 15.9)	32	28	24	28	28
17	(16 - 17.9)	26	29	29	21	20
19	(18 - 19.9)	18	18	18	22	24
21	(20 - 21.9)	7	9	15	16	14
23	(22 - 23.9)	2	2	3	5	9
25	(24 - 25.9)	-	-	-	1	2
27	(26 - 27.9)	-	-	-	-	1
Total		128	128	127	127	125

Los valores del estimado anual de los componentes de la fitomasa árbol (Tabla 4) se incrementan en el transcurso de los años. La proporción de los componentes con respecto a la

fitomasa total del fuste, ramas y hojas fue de 85%, 9% y 6% respectivamente.

Los resultados obtenidos por Sagué (1976), para el cuarto año de vida de una plantación de *Hibiscus elatus*, en la Sierra del Rosario; con relación a la plantación de *Pinus caribaea* el fuste es 1.5 veces mayor, las ramas y las hojas 2.1 y 1.7 veces menor. Para esta misma especie (*Pinus caribaea*) a los 6 años de edad Egunjobi (1976) en Nigeria obtuvo los siguientes porcentajes: fuste (69), ramas (14) y hojas (17); en nuestro caso, el fuste es mayor, pero la ramas y las hojas son menores; lo mismo sucede con las 9 coníferas reportadas por Satoo (1969) en Japón.

Tabla 4. Fitomasa anual en t.ha⁻¹ de los distintos componentes del árbol y porcentajes de éstos, en diferentes años de la plantación de *Pinus caribaea*. Obtenido a través de las regresiones para cada componente.

Componentes	15 años	16 años	17 años	18 años	19 años	%
Fuste	90.91	94.02	101.34	106.85	114.97	85
Ramas	9.79	10.19	11.16	11.91	12.70	9
Hojas	5.93	6.18	6.72	7.25	7.89	6
Total	106.63	110.39	119.22	126.01	135.56	100

En la dinámica por cada clase diamétrica (Tabla 5) en los años observados, se puede apreciar el desplazamiento de los diámetros menores a mayores en el transcurso de los años. En los tres primeros años de estudio, no existían árboles con 25 y 27 cm de d_{1.30}; los cuales juegan un alto papel en el contenido de la fitomasa del ecosistema.

Los incrementos anuales para algunos ecosistemas del mundo (Tabla 6), se aprecian en el caso de los valores alcanzados por la plantación de *Pinus caribaea* en San Andrés, de Cuba, es mayor, pero en otros no; lo que pudieran estar dados principalmente por las diferencias en las condiciones edafoclimáticas de la región, entre otros.

Al comienzo de las mediciones no destructivas de la plantación, a los 15.5 años de efectuada, la fitomasa fue de 108.9 t.ha⁻¹, para un incremento medio anual de 7.03 t.ha⁻¹, semejante al alcanzado en los últimos cuatro años de observación (7.45 t.ha⁻¹). Este valor (7.45 t.ha⁻¹. año⁻¹) fue 1.3 veces menor que la media de los valores reportados por Hernández (en prensa) en plantaciones de *Hibiscus elatus* en Sierra del Rosario es 1.6 veces menor que los valores informados por Egunjobi (1976) en Nigeria, para *Pinus caribaea*, así como 1.7 menor que los valores dados por Satoo (1969), para 9 coníferas del Japón. Sin embargo, fueron 1.2 y 1.1 veces mayor que los ofrecidos por Kira *et al.* (1967), para bosques lluviosos de Tailandia y los dados por Dilmy (1971) para una plantación de *Tectona grandis* de Indonesia.

La productividad primaria neta (PPN) promedio del ecosistema para el período de investigación fue de 19.62 t.ha⁻¹.año⁻¹ (Tabla 7), el año con menos producción neta fue 1981 con 14.98 t.ha⁻¹.año⁻¹ y el de mayor, 1982, con 22.50 t.ha⁻¹.año⁻¹, correspondiendo en este caso, con los años de menor y mayor precipitación anual respectivamente (Fig. 1), coincidiendo el primero con la distribución más irregular del período estudiado. Al año 1982 le sigue 1984, que aunque no fue uno de los años de mayor cantidad de lluvia,

se pudo observar que la distribución mensual de las lluvias fue más regular, lo que concuerda con lo planteado por UNESCO/PNUMA/FAO (1980) de que en muchas áreas forestales tropicales la periodicidad y estacionalidad de las precipitaciones son tan importantes para la regulación de la productividad como la cantidad total de lluvia recibida.

El 79% de la producción neta total del ecosistema corresponde a la plantación, de este porcentaje el 47.9 pertenece al incremento de la fitomasa viva y el 52.9 a la producción de hojarasca (componentes muertos). El 21% está dada por la productividad del sotobosque, siendo la parte viva y muerta el 52.4 y 48.6% de éste respectivamente.

La PPN del ecosistema está muy cerca de los valores obtenidos por Sagué (1976) (20.44 t.ha⁻¹.año⁻¹) y Hernández (en prensa) (19.28 t.ha⁻¹.año⁻¹), en plantaciones de *Hibiscus elatus* Sw. para el cuarto y décimo año de plantadas en Sierra del Rosario. Las diferencias pueden estar dadas fundamentalmente, en que la plantación de *Pinus caribaea* tiene un sotobosque más abundante (21% de la PPN), mientras que en la plantación de *Hibiscus elatus* éste representa el 3.7%.

Tabla 5. Dinámica de la fitomasa en gramos, según clases diamétrica en los diferentes años de la plantación de *Pinus caribaea*.

d _{1.30} (cm)	15 años	16 años	17 años	18 años	19 años
7	10890	10890	10890	10890	10890
9	62100	62100	41400	41400	41400
11	484960	484960	450320	450320	346400
13	1330500	1277280	1170840	957960	745080
15	1970240	1723960	1477680	1723960	1723960
17	2753400	3071100	3071100	2223900	2118000
19	2538000	2538000	2538000	3102000	3384000
21	1275400	1639800	2733000	2915200	2550800
23	460200	460200	690300	1150500	2070900
25	-	-	-	285100	570200
27	-	-	-	-	310600

Tabla 6. Incremento anual de la fitomasa viva en diferentes ecosistemas del mundo.

Edad (años)	Tipo de bosque	País	Incremento medio t.ha ⁻¹ .año ⁻¹	Autores
-	Bosque tropical lluvioso	Tailandia	6.00	Kira <i>et al.</i> , 1967
80	Plantaciones de <i>Tectona grandis</i>	Indonesia	6.70	Dilmy, 1971
6	<i>Pinus caribaea</i>	Nigeria	11.60	Egunjobi, 1975
4	<i>Hibiscus elatus</i>	Cuba	10.50	Sagué, 1976
8	<i>Hibiscus elatus</i>	Cuba	8.60	Hernández, en prensa
10	<i>Hibiscus elatus</i>	Cuba	8.30	Hernández, en prensa
15-19	<i>Pinus caribaea</i>	Cuba	7.45	Presente trabajo

A pesar de que el incremento anual promedio de la fitomasa de la parte aérea viva (Tabla 8) es menor que el reportado en otras regiones, los valores de la PPN de la plantación de *Pinus caribaea* en San Andrés, Cuba, son algo mayores que los obtenidos por Egjobi (1976) en Nigeria y mucho mayor que los reportados por Wysherley (1973) en un bosque, también de *Pinus caribaea*.

En general, los valores de la PPN de este ecosistema están muy cerca del promedio reportado por UNESCO/PNUMA/FAO (1980) (20 t.ha⁻¹año⁻¹) para ecosistemas tropicales, y son semejantes a los dados por Kira (1975) para zonas cálidas del Japón y 1.7 veces mayor que para el promedio de 9 coníferas afrecidos por Satoo (1969) para ese mismo país.

Las hojas son solo un componente menor de la fitomasa forestal, sin embargo, dada su importancia funcional como aparato fotosintético, estimamos su cantidad y su relación con la producción primaria del ecosistema; aspectos tratados por su importancia por Kira *et al.* (1967) en Japón y Hernández (1985) para Cuba. La relación promedio (Tabla 9) para los cuatro años de estudio fue de 2.31t.(t de hojas)⁻¹. año⁻¹, encontrando valores mínimos y máximos de 1.82 y 2.70 respectivamente. Estos valores están muy cerca a los obtenidos por Satoo (1969) (2.26) para *Pinus densiflora* en Japón y 1.4 veces mayor que para el promedio de 9 coníferas reportados por ese mismo autor, para esa región.

Tabla 7. Dinámica del a Productividad Primaria Neta (PPN) de la cobertura vegetal en la plantación de *Pinus caribaea* Morelet.

Componentes	1981-82	1982-83	1983-84	1984-85	Media
Estrato arbóreo:					
Diferencia de fitomasa	3.80	9.10	6.80	10.10	7.45
Hojarasca	7.16	9.15	8.95	7.15	8.10
Total	10.96	18.25	15.75	17.23	15.55
Estrato herbáceo:					
Diferencia de fitomasa	1.98	2.36	-	-	2.17
Hojarasca	2.04	1.89	-	-	1.97
Total	4.02	4.25	4.14*	4.14*	4.14
PPN	14.98	22.50	19.89	21.37	19.69

*= Promedio 1981, 1982.

Tabla 8. Productividad de la fitomasa aérea neta de los pinos en algunas regiones del mundo. Produc.-Producción.

Países	Tipo de bosque	Produc. t.ha ⁻¹ año ⁻¹	Autores
Malasia	Bosque de <i>Pinus merkuicii</i>	13.7	Wysherley, 1973
"	Bosque de <i>Pinus caribaea</i>	6.3	"
"	Bosque de <i>Pinus kesiya</i>	9.6	"
Rusia	Plantaciones de <i>Pinus silvestres</i> (a los 10, 21, 35, y 40 años)	12.1	Utking <i>et al.</i> 1981
Japón	Plantaciones de <i>Pinus densiflora</i> (a los 10, 17, 27, 42 y 55 años)	13.5	Satoo, 1969
Nigeria	Plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> (6 años)	14.9	Egjobi, 1975
Cuba	Plantaciones de <i>Pinus caribaea</i> (a los 16, 17, 18 y 19 años)	15.6	Presente trabajo

Tabla 9. Relación existente entre la productividad del estrato arbóreo y la fitomasa de las hojas.

Edad (años)	Productividad del estrato arbóreo (t.ha ⁻¹ año ⁻¹)	Fitomasa de las hojas t.ha ⁻¹	Relación: productividad/fitomasa de las hojas (t.t ⁻¹ de hojas.año ⁻¹)
16	10.96	6.04	1.82
17	18.25	6.75	2.70
18	15.75	6.41	2.46
19	17.23	7.66	2.25
Media	15.55	6.72	2.31

=La fitomasa de las hojas se estimó en base al 6% de la fitomasa aérea del árbol (Tabla 4).

CONCLUSIONES

- ◆ El incremento anual de la fitomasa aérea de la plantación de *Pinus caribaea* Morelet es menor que en muchos de los casos analizados en Cuba y otras regiones del mundo, pero con mayor peso en el fuste, por lo que desde el punto de vista económico el *P. caribaea* Morelet resulta altamente productivo en la obtención de madera.
- ◆ Las ecuaciones de regresión entre el d_{1.30} y los componentes de la fitomasa aérea del árbol son altamente correlacionadas
- ◆ A pesar de que el ecosistema investigado posee suelos muy pobres en cuanto al contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y bajo ph su productividad está dentro de los parámetros señalados para ecosistemas tropicales.
- ◆ La productividad de los componentes muertos en el ecosistema resultan mayores que la producción de la parte viva de la vegetación, lo que favorece el reciclaje de los nutrientes y el mantenimiento de la productividad del mismo.
- ◆ La cantidad de lluvia y su distribución influye notablemente en la productividad de la plantación.

Agradecimientos. Queremos dejar constancia de nuestro agradecimiento a antiguos compañeros del Dpto. de Ecología Forestal del Inst. de Zoología de la ACC (Dr L. Lastres, Técnicos: Teddy Aymerich, Rolando Francés y Cesilio Mirabal) por el trabajo realizado en la toma y proceso de las muestras en el campo; y a las Dras. M. E. Rodríguez, María de la C. Pérez y a los MSc. Guillermina Hernández y MSc. Hermen Ferrás por las sugerencias en la revisión crítica del manuscrito.

REFERENCIAS

Dilmy A. 1971. The primary productivity of ecuatorial tropical forests in indonesia. En UNESCO 1971. Productivity of forest ecosystems. Proc. Brussels Symp. 1969. *Ecology and Conservation* No. 4: 333-336.

Egjobi J. R. 1975. Dry matter production by and innature stand of *Pinus caribaea* in Nigeria. *Oikos* 26(1): 80-85.

-----1976. An evaluation of five methods for estimating of over-aged plantation of *Pinus caribaea* .L. *Ecologia Plantarum*, Tomo II, No. 2: 109-116.

Geigel P. B. 1977. Materia orgánica y nutrientes devueltos al suelo mediante la hojarasca de diversas especies

- forestales. *Rev. Cient. Técn. Baracoa* 7(3-4): 16-38.
- Hernández L. 1985. Las hojas y su relación con la productividad en una plantación de *Hibiscus elatus* Sw. en Sierra del Rosario. *Cienc. Biol.* 13: 16-27.
- Hernández L. y B. Sandrino 1986. Estimado del volumen de madera en la plantación de *Pinus caribaea* var. *Caribaea* en el distrito forestal San Andrés, Pinar del Río, Cuba. Rep. de Inv. del Instituto de Zoología. No. 35, pp. 6-13.
- Kira T. y T. Shidei 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystem of the Western Pacific. *Jap. J. Ecol.* 17: 70-87.
- Kira T. 1975. Primary production of forest. *International Biological Programme* 3: 87-94.
- Kira T., H. Ogawa, K. Yoda y K. Ogino 1976. Comparative ecological studies vegetation in Thailand. IV.- Dry matter production, with special reference to the Chao Cong rain forest. *Nature and Life in SE Asia* 5: 149-174.
- Lastres L. O. y R. A. Francés 1989. Producción y acumulación de hojarasca en el bosque siempreverde tropical de baja altitud en Sierra del Rosario, Cuba. Reporte de Investigación del Instituto de Ecología y Sistemática de la ACC. *Ser. Bot.* No.1, 29 pp.
- Menéndez L. 1989. Producción de hojarasca y circulación de nutrientes del bosque siempreverde estacional de la Estación Ecológica de Sierra del Rosario. Reporte de Investigación del Inst. de Ecol. y Sist., ACC. *Ser. Bot.* No. 3, 18 pp.
- Newboul P. J. 1970. Methods for estimating the primary production of forests. IBP Handbook No. 2, second printing, Blackwell, Scientific Publications Oxford and Edimburgh, 82 pp.
- Rochov J. J. 1974 Estimate of above ground biomass and primary productivity in Missouri Forest. *Journal of Ecology*, 62(2): 567-577.
- Sagué D. H. 1976. Productividad primaria neta de la comunidad en una plantación de *Hibiscus elatus* Sw. en la Sierra del Rosario. *Ser. For.* 25, Acad. de Cienc. de Cuba. 12 pp.
- Satou T. 1969. Primary production relation of coniferous forests in Japan. En UNESCO (1971): Productivity of forest ecosystems. Proc. Brussels Symp., 1969. *Ecology and Conservation* No. 4: 191-202.
- UNESCO/PNUMA/FAO 1980. Ecosistemas de bosques tropicales. Investigaciones sobre los recursos naturales No. 4, UNESCO/CIFCA, pp. 265-282.
- Utkin A. I., M. G. Ivanova y L. S. Ermalova 1981. Primary biological Productivity of scotch pine (*Pinus silvestris*) plantation in Vladimir Oblast, Russian S.F.S.R., USSR. *Lesovedenie* 0(4): 19-27.
- Wysherley P. R. 1973. The phenology of plants in the humid tropics. *Micronesica* 9: 75-96.

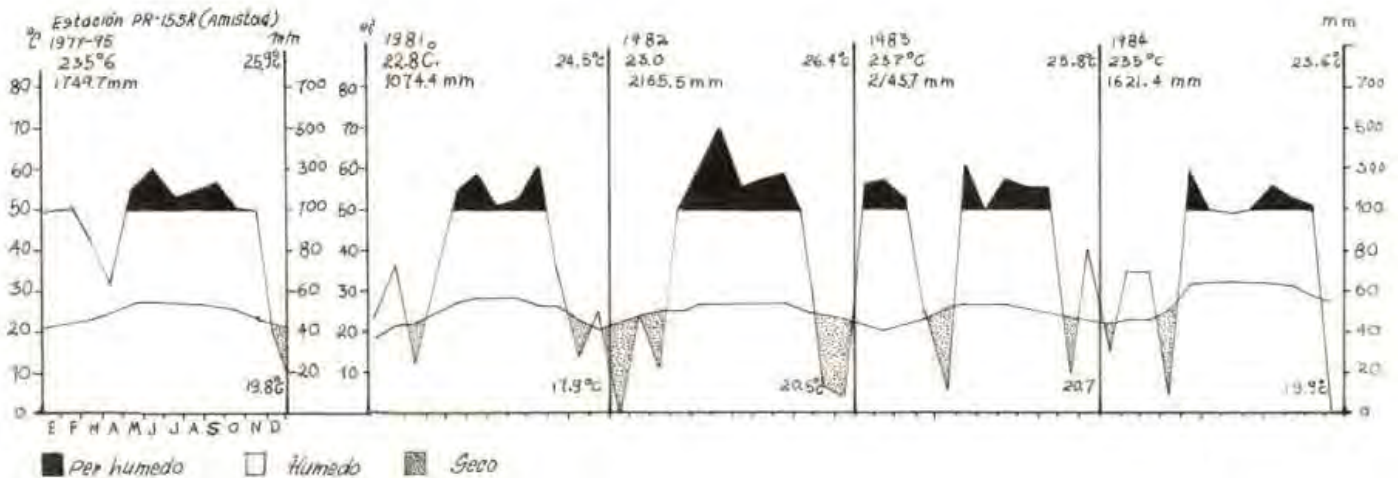


Fig. 1 Climogramas de la Estación Climatológica "Amistad": promedio de 6 años de observación y los años que enmarcan el período de estudio en el pinar.