

Summary

This is a preliminary assessment of the provenance test of Pinus caribaea var. hondurensis Barret and Golfari established by the Tropical Agriculture Research Training Center (CATIE) in Costa Rica

The analysis of the growth at two years of age revealed significant differences among the nine provenances tested. However the genetic variance was never higher than 6.4 percent for the traits assessed.

In the provenances Melinda, Guanaja, and Limones, slower growth was observed. This observation was supported by the principal component and cluster analysis, which grouped these three populations separately from the rest.

It was found that most of the variables studied showed highly significant differences among the three sites tested.

In this juvenile stage, most of the variation was detected between trees within provenances. It will be interesting to follow up these observations to determine if this pattern is maintained in coming years.

Introducción

Después de que *P. caribaea* var. *hondurensis* fue identificado, ha venido siendo extensivamente plantado en algunos países tropicales y subtropicales (7, 28). Sin embargo se ha dado poca atención al origen de las semillas, por lo que en ocasiones resulta difícil obtener conclusiones correctas de algunas plantaciones.

Los estudios preliminares muestran que los bosques naturales de esta variedad presentan gran variación en sistemas de ramificación, forma del fuste, altura, características del cono y semillas (1, 22, 25, 26, 27).

A la fecha, más de 40 países del trópico y subtrópico colaboran con el "Proyecto de investigación de procedencias de pino de América Central", promovido por el Commonwealth Forestry Institute (CFI), (5).

Resultados preliminares confirman que existe considerable variación entre procedencias y que es posible obtener una ganancia apreciable a través de la simple selección. En general estos estudios muestran a Mountain Pine Ridge, Poptún, Alamicamba y Brus Lagoon con un comportamiento sobresaliente en términos de producción, pero con un fuste y sistema de ramificación variables; Melinda y Culmi presentan un comportamiento inferior (2, 6, 17, 18, 29, 30, 34, 37).

Los resultados de las pruebas recientes establecidas bajo el control CFI, evidencian la existencia de variación genética entre procedencias en términos de crecimiento inicial así como la presencia de interacción genotipo-ambiente. Consistentemente Mountain Pine Ridge, Alamicamba, Brus Lagoon, Santa Cla-

1 Recibido para publicación el 14 de julio de 1982. Esta publicación está basada en la tesis de Ph D., presentada por el autor al Departamento Forestal de la Universidad de Oxford, Inglaterra, en junio de 1981.

* Gerente de Celulosa de Turrialba, S. A. Turrialba, Costa Rica

ra, y Culmi aparecen como las más promisorias en crecimiento diamétrico, altura y forma del fuste; aunque en algunos sitios se observa una alta incidencia de cola de zorro y fuerte ramificación (10, 12, 13, 16, 19, 31, 32, 36). Burley y Nikles (9) indican que la variedad *hondurensis* es superior en vigor a las otras dos variedades, pero esta importante característica normalmente está asociada con fuste y ramificación poco deseables, así como alta incidencia de cola de zorro. Huges (21) encontró que Mountain Pine Ridge tiene una alta variación entre árboles con respecto a propiedades de la madera.

Recientemente Barnes *et al.* (5) en un análisis de nueve procedencias en cinco países, encontraron que las características cualitativas tienden a estar bajo menor control genético que las características cuantitativas; en este caso, ninguna procedencia fue consistente en mostrarse superior en los cinco sitios en términos de productividad. En general un gran proporción de la variación fue detectada entre árboles; Santa Clara presentó árboles superiores en algunas localidades; Guanaja presentó alto volumen y alta densidad de madera; Alamicamba generalmente presentó los fustes más rectos y menor bifurcación aunque con baja densidad de la madera y sistema de ramificación poco deseable.

En general, y aunque las pruebas de procedencia son relativamente jóvenes, éstas indican que existe considerable variación genética en algunas características de producción.

El presente trabajo pretende, a través de técnicas biométricas, evaluar el grado de variabilidad entre y dentro de nueve procedencias de *P. caribaea* var. *hondurensis*, así como medir el grado de interacción

genotipo-ambiente de algunas características de producción, a los dos años de edad.

Materiales y métodos

Los estudios de laboratorio, así como los análisis estadísticos, se realizaron en el Departamento Forestal de la Universidad de Oxford, Inglaterra.

El "Proyecto de investigación de procedencias de pino de América Central" promovido por CFI dio inicio en 1979 con la recolección de semillas en toda el área de distribución natural; Kemp (24, 25) describe en forma detallada la técnica de muestreo. Como parte de este proyecto, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), estableció en setiembre de 1977 el experimento 77-1(112). Dyson (11) describe el procedimiento de vivero para la preparación de las plantas.

El diseño experimental fue suplido por el CFI; básicamente es un diseño de bloques completos al azar repetido en cinco sitios, cinco repeticiones por sitio, 12 procedencias por repetición y siete árboles en líneas por parcela.

Las procedencias son nueve de *P. caribaea* var. *hondurensis*, una de *P. caribaea* var. *caribaea* y dos de *P. oocarpa* Schiede. El presente estudio consideró sólo el *P. caribaea* var. *hondurensis*; el Cuadro 1 resume la información geoclimática de las nueve procedencias.

La Figura 1 muestra los cinco sitios de plantación. Este análisis no toma en consideración los sitios 4 y

Cuadro 1. Información geoclimática de las nueve procedencias.

| Origen | | Latitud ° N | Longitud ° O | Altitud (msnm) | Precipitación anual (mm) | Meses secos | Temperatura media (°C) |
|-----------|------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|
| País | Localidad | | | | | | |
| Nicaragua | Alamicamba (ALA) | 13° 34' | 84° 17' | 25 | 2 610 | 3 | 20.7 |
| Nicaragua | Río Coco (RIO) | 14° 45' | 83° 55' | 75 | 2 863 | 2 | 25.4 |
| Honduras | Guanaja (GUA) | 16° 27' | 85° 54' | 75 | 2 308 | 3 | 27.1 |
| Guatemala | Poptún (POP) | 16° 21' | 89° 25' | 500 | 1 688 | 4 | 24.2 |
| Honduras | Culmi (CUL) | 15° 06' | 85° 37' | 550 | 1 325 | 6 | 24.3 |
| Honduras | Brus Lagoon (BRU) | 15° 45' | 84° 40' | 10 | 2 840 | 2 | 26.5 |
| Honduras | Los Limones (LIM) | 14° 03' | 86° 42' | 700 | 663 | 7 | 22.2 |
| Belice | Mountain Pine Ridge (MPR) | 16° 58' | 89° 00' | 487 | 1 558 | 3 | 23.9 |
| Belice | Melinda (MEL) | 17° 01' | 88° 20' | 12 | 2 137 | 2 | 26.9 |

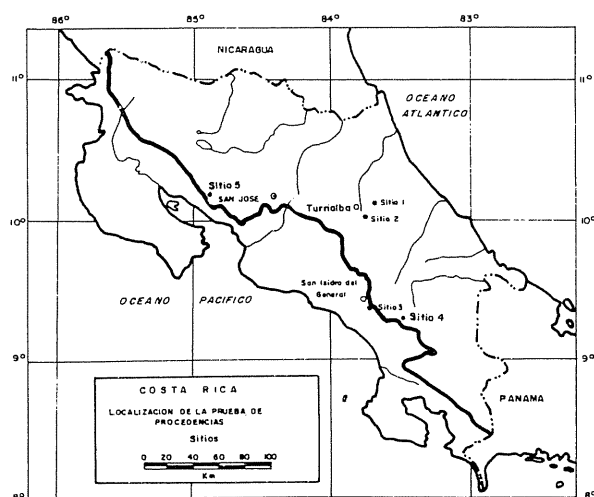


Fig. 1. Mapa de Costa Rica mostrando los sitios de plantación.

5; el primero porque mostró una alta mortalidad en los primeros meses por mal drenaje, y el segundo porque fue establecido seis meses después. El Cuadro 2 es el resumen de la información geoclimática de los tres sitios en estudio.

Sitio 1 (Celulosa de Turrialba): localizado a 15 kilómetros por carretera a Limón al noreste de Turrialba; ecológicamente es un bosque muy húmedo premontano (20) con topografía accidentada. El suelo es profundo y bien drenado. Antes de la plantación fue potrero dominado por regeneración natural.

Sitio 2 (Florencia Norte, CATIE, Turrialba): ecológicamente es un bosque premontano muy húmedo (20), con topografía ondulada. El suelo es profundo y bien drenado. Antes del experimento el sitio fue ocupado con pruebas de especies forestales.

Sitio 3 (Universidad Nacional, San Isidro de El General): sobre la carretera a Panamá; ecológicamente

es un bosque húmedo tropical, en la faja de transición premontano muy húmedo con topografía plana. El suelo es profundo y bien drenado. Antes del experimento estaba cubierto por gramíneas y especies arbóreas de regeneración secundaria.

La densidad de siembra fue de 2.5 x 2.5 metros utilizando arbolitos de 20 y 25 centímetros de altura.

La plantación se limpió a mano cinco veces el primer año y cuatro el segundo. La sobrevivencia en el Sitio 2 fue afectada adversamente por ganado y el Sitio 3 fue parcialmente destruido por el fuego en 1979.

La morfología de los árboles juveniles se evaluó a través del análisis de las siguientes variables: altura total en cm a 6, 12, 18 y 24 meses, diámetro en milímetros (mm) a 1.3 m de altura a 12, 18 y 24 meses; número de internudos y números de ramas a los 6 meses.

Se utilizó el siguiente modelo completamente al azar para evaluar la variación entre sitios, procedencia y la interacción sitio-procedencia de cada variable:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + P_j + (SP)_{ij} + R_{k/j} + (PR)_{jk/i} + T_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} = valor promedio de la variable Y en 1th árbol en k^{th} repetición de j^{th} procedencia de i^{th} sitio;
- μ = efecto real de la media;
- S_i = efecto del i^{th} sitio; $i = 1, 2, 3$.
- P_j = efecto de la j^{th} procedencia; $j = 1, 2, 9$.

Cuadro 2. Información geoclimática de los sitios de plantación.

| Sitio | Latitud °N | Longitud °O | Altitud (msnm) | Precipitación (mm) | Meses secos | Humedad relativa % | Temperatura °C | | |
|---|---------------|----------------|-------------------|-----------------------|----------------|--------------------------|----------------|------|------|
| | | | | | | | Med. | Máx. | Mín. |
| Celulosa de Turrialba | 9°55' | 83°37' | 750 | 2 673* | 1 | 88 | 22.2 | 26.9 | 17.6 |
| CATIE | 9°52' | 83°40' | 650 | 2 673 | 1 | 87 | 22.2 | 26.9 | 17.6 |
| U. Nacional San Isidro de El General | 9°22' | 83°33' | 670 | 3 030 | 3 | 87 | 24.3 | 31.0 | 17.5 |

* No hay registro. Considerado similar a CATIE del que dista de aproximadamente 5 km en línea recta.

(PS)_{ij} = efecto de la interacción entre el i^{th} sitio con la j^{th} procedencia;
 $R_{k/i}$ = efecto de k^{th} repetición en el i^{th} sitio;
 $k = 1, 2, 5$;
 $(PR)_{jk/i}$ = efecto de la interacción de la j^{th} procedencia en la k^{th} repetición en el i^{th} sitio.
 T_{ijkl} = efecto del i^{th} árbol en la k^{th} repetición de la j^{th} procedencia en el i^{th} sitio; $l = 1, 2, 7$.

En el Cuadro 3 se presenta la forma del análisis de variancia junto con los cuadrados medios esperados para cada fuente de variación, de acuerdo al modelo descrito. El programa de computación utilizado (ANOVAR 2) incluye la prueba de rango múltiple y la transformación de raíz cuadrada para variables discontinuas.

Dado que el análisis de variancia propuesto no presenta una fuente de error simple para probar el efecto de sitio, este fue probado por la combinación de los respectivos cuadrados medios $(3 + 4) - 5$. Para la corrección de los grados de libertad se utilizó la aproximación de Satterthwaite (3).

$$df = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i CM_i^2}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i^2 CM_i^2}{f_i}}$$

df = grados de libertad
 ω_i = coeficiente usado por i^{th} cuadrado medio
 CM = el i^{th} cuadrado medio del total n cuadrados usados en la construcción del término de error

El análisis de componentes principales y análisis de agrupamiento fueron utilizados sobre la base de promedio por procedencia, para detectar la tendencia de las procedencias a agruparse en función de las variables analizadas. Estos análisis multivariados han probado ser eficientes en estudios taxonómicos, básicamente cuando se analizan muchas variables (4, 8, 14, 15, 35).

Resultados y discusión

En el Cuadro 4 se observa que el efecto de sitio fue significativamente diferente para ocho de las nueve variables evaluadas; no obstante, sólo el diámetro a 18 y 24 meses presenta 25.25 y 21.59% como la variación más alta detectada entre sitios. Esto indica que la uniformidad de los sitios es tal, que durante esta etapa juvenil las diferencias observables son mínimas. El diámetro aparenta ser el más susceptible al efecto de sitio principalmente de los 18 meses en adelante.

La diferencia entre procedencias aunque fue significativa y altamente significativa (Cuadro 4) para siete de las nueve variables, en ningún caso fue superior a 6.4%, que en este caso corresponde a número de ramas; Poptún y Cumi presentan 4.7 y 4.9 (Cuadro 5) ramas a los seis meses de edad, siendo el promedio 3.4. Esto indica que durante los dos primeros años, la morfología que exhiben las procedencias es bastante

Cuadro 3. Análisis de variancia y cuadros medios esperados.

| No. | Fuente Variación | Grados de latitud (d.f.) | Prueba de ¹ significancia | Cuadros medios esperados |
|-----|-----------------------|--------------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | Sitios | (S-1) | (3 + 4) - 5 | $\sigma^2 + t \sigma_{PR}^2 + tp \sigma_{R/S}^2 + tr \sigma_{SP}^2 + trp \sigma_S^2$ |
| 2 | Procedencias (P) | (P-1) | 3 | $\sigma^2 + t \sigma_{PR/S}^2 + tr \sigma_{SP}^2 + trs \sigma_P^2$ |
| 3 | S x P | (S-1) (P-1) | 5 | $\sigma^2 + t \sigma_{PR/S}^2 + tr \sigma_{SP}^2$ |
| 4 | Repeticiones (R) en S | S(R-1) | 5 | $\sigma^2 + t \sigma_{PR/S}^2 + tp \sigma_{R/S}^2$ |
| 5 | P x R en S | (P-1) S(R-1) | 6 | $\sigma^2 + t \sigma_{PR/S}^2$ |
| 6 | Arboles (I) en RPS | SPR (I-1) | | σ^2 |

1 Los números en esta columna se relacionaron con la de la primera columna

Cuadro 4. Resumen del análisis de variancia y componentes de la variancia.

| No. Fuentes de variación | Grados de libertad | Prueba de significancia | 6 meses | | | 12 meses | | 18 meses | | 24 meses | |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|---------|-------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|
| | | | ht | in | ra | ht | di | ht | di | ht | di |
| CUADRADOS MEDIOS | | | | | | | | | | | |
| 1 Sitios (S) | 2 (3+4)-5 | | 1 130.0 | 6.84 | 9.57 | 93 660 | 24.28 | 185 000 | 167.9 | 634 200 | 298.1 |
| 2 Procedencias (P) | 8 | 3 | 1 280.0 | 2.01 | 6.01 | 7 216 | 1.73 | 13 650 | 6.5 | 39 630 | 20.7 |
| 3 S x P | 16 | 5 | 283.3 | 0.20 | 0.61 | 1 889 | 0.52 | 9 423 | 2.9 | 10 050 | 2.7 |
| 4 Repeticiones (R) en S | 12 | 5 | 789.6 | 0.37 | 1.23 | 6 595 | 2.49 | 23 610 | 8.2 | 77 060 | 34.7 |
| 5 P x R en S | 96 | 6 | 361.1 | 0.40 | 1.13 | 2 548 | 0.72 | 11 340 | 3.2 | 12 390 | 4.2 |
| 6 Arboles (t) | 810 | | 223.6 | 0.27 | 0.65 | 1 171 | 0.33 | 2 717 | 1.1 | 6 434 | 2.1 |
| PRUEBA DE F | | | | | | | | | | | |
| S | | | NS | ** | ** | ** | ** | ** | *** | ** | ** |
| P | | | ** | *** | *** | ** | ** | NS | NS | ** | *** |
| S x P | | | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |
| R en S | | | NS | NS | * | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| P x R en S | | | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| COMPONENTES DE LA VARIANCIA % | | | | | | | | | | | |
| S | | | 0.51 | 6.42 | 3.50 | 16.47 | 14.14 | 11.02 | 25.25 | 17.13 | 21.59 |
| P | | | 3.64 | 5.20 | 6.38 | 3.00 | 2.22 | 0.86 | 1.48 | 2.72 | 4.37 |
| S x P | | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| R en s | | | 2.60 | 0.00 | 0.25 | 3.80 | 5.66 | 4.14 | 3.96 | 9.90 | 12.34 |
| P x R en s | | | 7.32 | 5.81 | 8.52 | 11.63 | 11.31 | 26.20 | 14.85 | 8.20 | 7.72 |
| T en R en P en S | | | 85.73 | 82.57 | 81.35 | 69.24 | 66.67 | 57.78 | 54.46 | 62.05 | 53.98 |

* Significativo a $P < 0.05$ de probabilidad.

** Significativo a $P < 0.01$ de probabilidad.

*** Significativo a $P < 0.001$ de probabilidad.

similar. Aunque persistentemente Guanaja y Melinda presentan los más bajos crecimientos en diámetro y altura con respecto a las restantes siete procedencias (Cuadro 5). Este comportamiento puede considerarse como genético, ya que la matriz de correlación lineal simple (Cuadro 6) indica que las variables evaluadas, no están significativamente relacionadas con las variables climáticas en esta etapa juvenil.

Aunque el análisis de variancia (Cuadro 4) no mostró diferencias significativas para la interacción sitio-procedencia, en el Cuadro 7 se muestra que en el Sitio 2 (CATIE) la mayoría de las variables presentaron los valores más bajos. Además, la Figura 2 muestra la presencia de la interacción en el caso de altura y DAP, donde la mayoría de las procedencias mostraron una reducción a los 12, 18 y 24 meses principalmente en Sitio 2. La reducción no se presentó a los seis meses, posiblemente porque a esta edad aún perdurará el efecto de vivero. La mayor interacción en el Sitio 2 en cuanto a altura la presentaron Limones, Poptún, Alamicamba y Guanaja aunque

ésta no fue constante en todas las edades. La procedencia Melinda fue constante en presentar los más bajos crecimientos en los tres Sitios a las diferentes edades. En DAP, Poptún, Melinda, Alamicamba, Guanaja y Limones, también presentaron una fuerte interacción; en el Sitio 2 exhiben los mejores diámetros, aunque a los 24 meses la interacción fue mínima.

Resulta interesante observar (Figura 2) como los genotipos que presentan, los desarrollos más pobres en los Sitios 1 y 3, se comportan mejor en el Sitio 2. Sería interesante demostrar cuáles son los factores de sitio que provocan este tipo de interacción durante esta etapa juvenil.

En esta variedad ya se ha mencionado que las diferencias entre procedencias están influenciadas por factores de sitio Barnes *et al.* (5); Greaves, (18). Will y Hodgkiss (1977) informaron que el *P. radiata* D. Don en Nueva Zelanda, cuando crece en suelos con baja concentración de nitrógeno y

Cuadro 5. Promedios y parámetros de dispersión.

| Procedencias | 6 meses | | | 12 meses | | 18 meses | | 24 meses | |
|---------------|---------|------|------|----------|-------|----------|------|----------|------|
| | th | in | ra | th | di | th | di | th | di |
| A la micamba | 65.49 | 1.17 | 2.20 | 150.90 | 0.88 | 221.93 | 2.19 | 347.87 | 4.63 |
| Río Coco | 63.38 | 1.69 | 3.82 | 148.46 | 0.81 | 214.70 | 2.12 | 352.19 | 4.97 |
| Guanaja | 63.97 | 1.41 | 2.93 | 131.72 | 0.54 | 198.04 | 1.74 | 302.64 | 3.90 |
| Poptún | 64.68 | 2.22 | 4.72 | 147.41 | 0.78 | 223.55 | 2.50 | 340.14 | 5.35 |
| Culmi | 66.02 | 2.17 | 4.87 | 155.20 | 0.87 | 214.81 | 2.18 | 352.34 | 5.24 |
| Brus Lagoon | 63.96 | 1.30 | 2.58 | 151.57 | 0.89 | 224.65 | 2.20 | 361.08 | 4.88 |
| Los Limones | 59.86 | 1.65 | 3.36 | 138.95 | 0.66 | 200.20 | 1.87 | 323.48 | 4.70 |
| Mountain Pine | 65.54 | 1.75 | 3.60 | 148.91 | 0.84 | 214.57 | 2.25 | 347.85 | 4.99 |
| Ridge Melinda | 55.18 | 1.77 | 3.40 | 133.95 | 0.61 | 195.20 | 1.77 | 317.48 | 4.40 |
| \bar{X} | 63.12 | 1.66 | 3.45 | 145.23 | 0.76 | 212.01 | 2.09 | 338.34 | 4.79 |
| S \bar{x} | 1.83 | 0.07 | 0.10 | 4.83 | 0.08 | 10.27 | 0.17 | 10.72 | 0.19 |
| S \bar{e} | 2.58 | 0.09 | 0.14 | 3.33 | 0.11 | 9.15 | 0.11 | 9.11 | 0.12 |
| CV (%) | 2.89 | 5.11 | 5.41 | 6.84 | 10.64 | 10.74 | 0.23 | 18.31 | 0.42 |

ht-Altura (cm)

in-Número de internudos a 6 meses

di-DAP (cm)

ra-Número de ramas a 6 meses

Cuadro 6. Matriz de correlación lineal simple (r).

| No. | Variables | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|-----|---------------|-------|-------|----------|---------|--------|-------|-------|---------|------|---------|---------|---------|--------|-------|------|
| 1 | Latitud | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Longitud | 0.67* | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Altitud | -0.05 | 0.32 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Precipitación | -0.03 | -0.40 | -0.93*** | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| 5 | Meses secos | -0.35 | -0.03 | 0.86** | -0.88** | 1.00 | | | | | | | | | | |
| 6 | Temperatura | -0.11 | -0.48 | -0.86** | 0.90*** | -0.78* | 1.00 | | | | | | | | | |
| 7 | th 6 | -0.27 | -0.32 | 0.17 | 0.11 | 0.08 | -0.03 | 1.00 | | | | | | | | |
| 8 | in | 0.37 | 0.37 | 0.64 | -0.55 | 0.45 | -0.41 | -0.01 | 1.00 | | | | | | | |
| 9 | ra | 0.28 | 0.22 | 0.62 | -0.49 | 0.42 | -0.32 | 0.13 | 0.98*** | 1.00 | | | | | | |
| 10 | ht 12 | -0.40 | -0.37 | 0.18 | 0.10 | 0.07 | -0.03 | 0.69* | 0.18 | 0.24 | 1.00 | | | | | |
| 11 | di 12 | -0.39 | -0.33 | 0.06 | 0.20 | 0.05 | -0.02 | 0.63 | 0.02 | 0.08 | 0.98*** | 1.00 | | | | |
| 12 | ht 18 | -0.29 | -0.19 | -0.01 | 0.31 | -0.15 | 0.06 | 0.72* | 0.02 | 0.08 | 0.83** | 0.89** | 1.00 | | | |
| 13 | di 18 | -0.10 | 0.11 | 0.27 | 0.04 | -0.04 | -0.15 | -0.66 | 0.36 | 0.36 | 0.81** | 0.80** | 0.93*** | 1.00 | | |
| 14 | ht 24 | -0.35 | 0.35 | 0.03 | 0.25 | -0.11 | 0.09 | 0.54 | 0.06 | 0.13 | 0.96*** | 0.98*** | 0.80** | 0.77* | 1.00 | |
| 15 | di 24 | -0.13 | 0.06 | 0.52 | -0.24 | -0.26 | -0.29 | 0.41 | 0.63 | 0.65 | 0.84** | 0.75* | 0.71* | 0.86** | 0.78* | 1.00 |

* Significativo al P < 0.01 de probabilidad.

** Significativo al P < 0.01 de probabilidad.

*** Significativo al P < 0.01 de probabilidad.

ht 6, ht 18, ht 24, = Altura a 6, 12, 18, y 24 meses.

di 12, di 18, di 24 = DAP a 12, 18 y 24 meses.

lp = número de internudos.

ra = número de ramas.

fósforo presenta una reducción en el diámetro y tamaño de ramas. Namkoong and Davey (1976) mostraron que familias de *P. taeda* L. responden diferente a distintos niveles de nitrógeno.

La variación total entre árboles, varió entre 53.9 y 85.7%; esta condición ofrece una buena alternativa para estudios de progenie, con el fin de identificar individuos altamente productivos.

La prueba de rango múltiple (Figura 3) soporta el análisis de variancia, en el cual aunque existen diferencias significativas entre procedencias, esas diferencias son mínimas. La prueba indica que con respecto a la altura total y el diámetro, las proce-

dencias Limones, Melinda y Guanaja pueden ser consideradas como las de más bajo crecimiento en los dos primeros años. Es posible que estos genotipos hayan sufrido modificaciones específicas para adaptarse a condiciones especiales de sitio, como en el caso de Melinda donde los suelos son áridos. Suelos áridos, baja precipitación y siete meses de verano en el caso de Limones, y población aislada sobre suelos de baja fertilidad en el caso de Guanaja.

A través del análisis de componentes principales se encontró que el 65.4% de la variación total observada en las nueve variables estudiadas, depende del primer componente, el cual está formado básicamente por altura y diámetro a 12, 18 y 24 meses. El segundo

Cuadro 7. Promedios y prueba de rango múltiple para sitios.

| Sitios | ht 6 | in | ra | ht 12 | di 12 | ht 18 | di 18 | ht 24 | di 24 |
|--------------------------|-------|------|------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 1-Celulosa | 61.83 | 1.84 | 3.72 | 146.12 | 0.70 | 222.03 | 2.35 | 364.36 | 5.25 |
| 2-CATIE | 65.30 | 1.26 | 2.75 | 127.56 | 0.52 | 184.37 | 1.27 | 286.53 | 3.64 |
| 3-U | | | | | | | | | |
| Nacional | 62.18 | 1.93 | 3.92 | 162.01 | 1.07 | 229.63 | 2.63 | 364.14 | 5.44 |
| \bar{X} | 63.12 | 1.66 | 3.45 | 145.23 | 0.76 | 212.01 | 2.09 | 338.34 | 4.78 |
| \bar{Sx} | 1.58 | 0.03 | 0.06 | 4.58 | 0.09 | 8.66 | 0.16 | 15.64 | 0.33 |
| \bar{Sv} | 2.24 | 0.05 | 0.09 | 6.47 | 0.13 | 12.24 | 0.23 | 22.12 | 0.47 |
| CV (%) | 2.51 | 2.66 | 3.73 | 3.15 | 11.66 | 4.08 | 7.71 | 4.62 | 6.93 |
| Prueba de rango múltiple | | | | | | | | | |
| P<0.05) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| | | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| | | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |

ht = Altura (cm)

in = Número internudos a 6 meses.

ra = Número de ramas a 6 meses

di = Diámetro (cm)

Cuadro 8. Raíces latentes y porcentaje de variación por componente.

| Componentes | Raíces | Variación en porcentaje | |
|-------------|--------|-------------------------|-----------|
| | | Simple | Acumulado |
| I | 5.88 | 65.37 | 65.37 |
| II | 2.17 | 24.06 | 89.43 |
| III | 0.59 | 6.60 | 96.03 |
| IV | 0.28 | 3.07 | 99.11 |
| V | 0.03 | 0.38 | 99.49 |

componente formado por número de internudos y ramas contiene el 24.1% de la variación. El tercer componente formado por altura a seis meses contiene solamente 6.6% de la variación (Cuadro 8). El Cuadro 9 presenta el valor proporcional que cada componente extraído da a las variables.

El 89.4% de la variación total está representada por los componentes I y II; la representación gráfica de estos dos componentes (Figura 4) confirma los análisis anteriores. También en este caso, las poblaciones Melinda, Limones y Guanaja se agrupan en forma separada del resto de las poblaciones por su crecimiento menor. Las poblaciones Culmi y Poptún de Honduras y Guatemala respectivamente forman otro grupo, básicamente por presentar a los seis meses mayor número de internudos y ramas.

Los anteriores resultados son similares a los obtenidos en el análisis de agrupamiento (Figura 5), que muestra el grado de similitud entre poblaciones y permite extraer dos grupos principales de procedencias: Guanaja, Melinda y Limones por un lado y Brus Lagoon, Mountain Pine Ridge, Poptún, Alamicamba, Río Coco y Culmi por el otro.

Conclusiones

Los resultados de los diferentes análisis realizados son consistentes en cuanto que muestran las procedencias Melinda, Limones, y Guanaja con crecimientos iniciales comparativamente bajos. En este caso las variables altura total y diámetro resultaron ser buenos discriminantes. El bajo rendimiento de estas tres procedencias ya ha sido reportado.

Se considera riesgoso descartar cualquiera de estas procedencias por el comportamiento que presentan en la etapa inicial de desarrollo, máxime si existe interacción genotipo-ambiente que también varía con la edad. La mayoría de los genotipos estudiados presentan un crecimiento constante en cada sitio, aunque algunos muestran reducciones o incrementos bruscos en esta etapa juvenil.

El crecimiento inicial que muestran las nueve poblaciones tiene una tendencia ecotípica, posible-

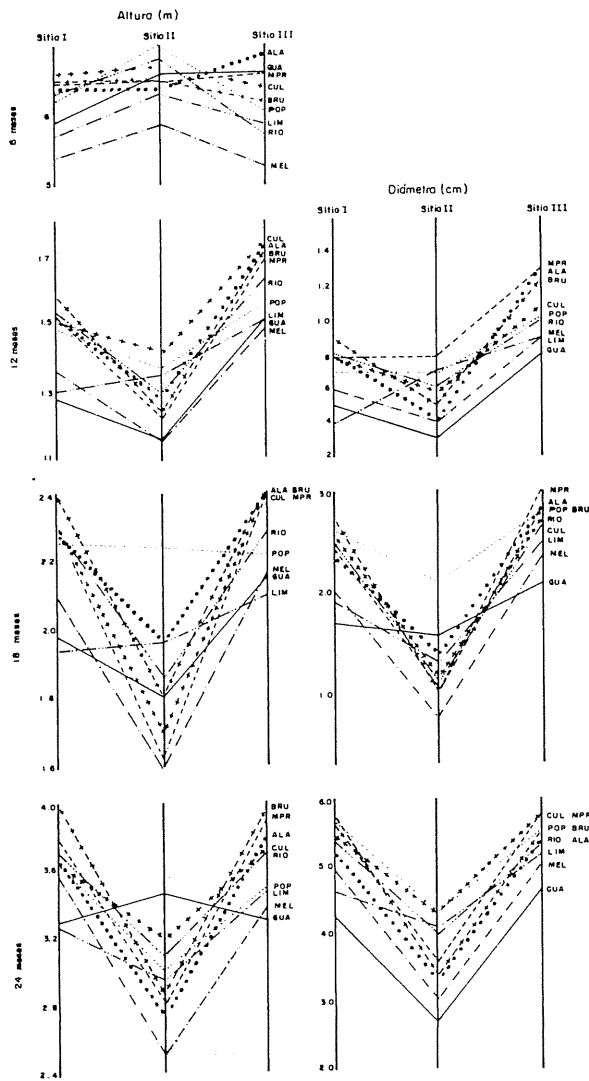


Fig. 2. Interacción sitio procedencia.

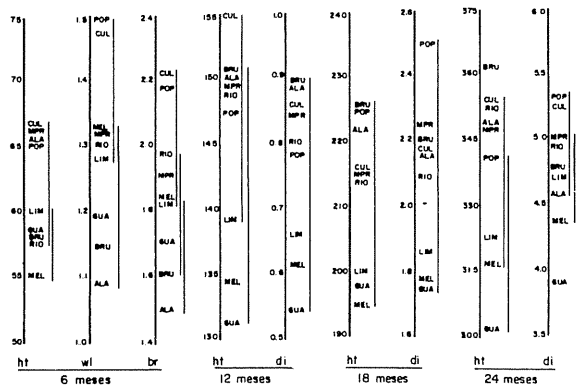


Fig. 3. Prueba de rango múltiple ($P < 0.05$).

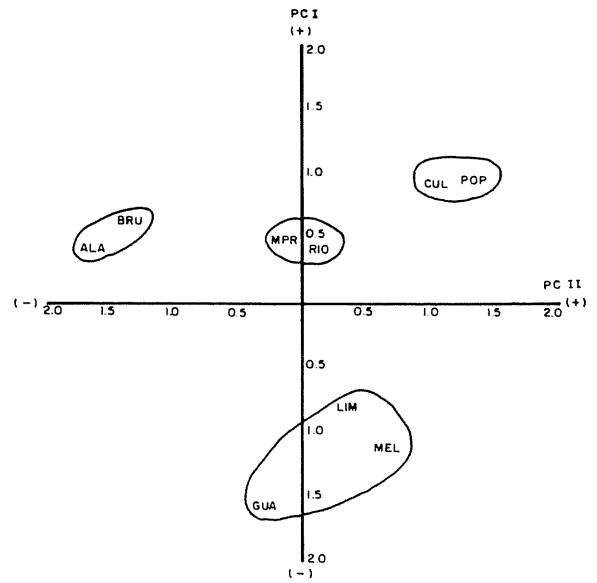


Fig. 4. Distribución de las procedencias dado por la combinación de los componentes I y II.

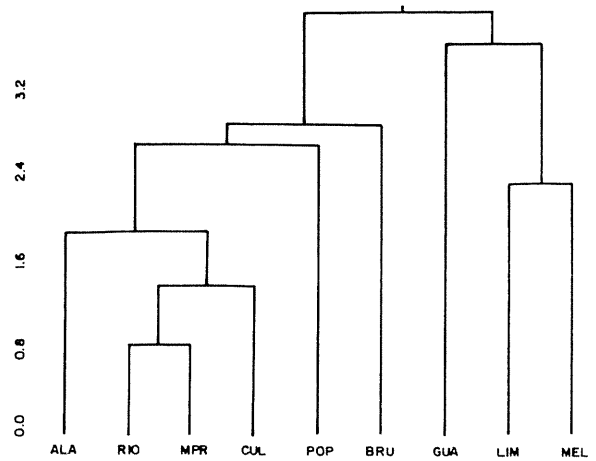


Fig. 5. Dendrograma presentando la agrupación de las procedencias como resultado del análisis de agrupamiento.

mente por tratarse de poblaciones naturales relativamente discontinuas creciendo sobre una amplia variedad de suelos, en condiciones climáticas variadas y en algunos casos con presencia de fuertes vientos. Estos factores pueden ser los responsables de provocar alteraciones genéticas en el proceso de adaptación, creando de esta manera la presencia de ecotipos.

Continuar observando el comportamiento de estas procedencias por un período más largo permitirá detectar si la tendencia inicial de crecimiento se mantiene, esto facilitaría la toma de decisiones desde los

Cuadro 9. Valor proporcional para cada variable por componente.

| Variables | Vectores por componente | | | | |
|-----------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | V |
| ht 6 | 0.73 | -0.26 | 1.00 | 0.46 | -0.28 |
| in | 0.33 | 1.00 | 0.04 | 0.01 | 0.10 |
| ra | 0.39 | 0.96 | 0.16 | 0.34 | 0.62 |
| ht 12 | 1.00 | -0.16 | -0.13 | 0.61 | -0.01 |
| di 12 | 0.97 | -0.30 | -0.26 | 0.37 | -0.26 |
| ht 18 | 0.96 | -0.30 | 0.10 | -0.73 | 1.00 |
| di 18 | 0.97 | 0.07 | 0.16 | -1.00 | -0.38 |
| ht 24 | 0.95 | -0.24 | -0.42 | -0.39 | 0.32 |
| di 24 | 0.93 | 0.40 | -0.30 | -0.16 | -0.98 |

ht 6, ht 12, ht 18, ht 24 = Altura total a 6, 12, 18 y 24 meses.

di 12, di 18, di 24 = DAP a 12, 18 y 24 meses

in = Número de internudos ra = Número de ramas.

primeros años y acelerando de esta manera el proceso de mejoramiento.

Resumen

Se presenta un análisis preliminar de una prueba de procedencias de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barret y Golfari, establecida por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en tres sitios en Costa Rica. Las variables de crecimiento evaluadas mostraron diferencias significativas a los dos años de edad entre las nueve procedencias estudiadas. Las procedencias Melinda, Guanaja y Los Limones presentaron los crecimientos más bajos. Estos resultados fueron soportados por el análisis de componente principales y cluster análisis, los cuales consideran estas tres poblaciones como diferentes. No obstante, en ninguna de las variables analizadas la variación genética detectada fue superior al 6.4%.

Ocho de las nueve variables analizadas, mostraron diferencias altamente significativas entre los tres sitios en estudio, durante las cuatro edades juveniles estudiadas.

Se encontró que a este estado juvenil, la mayor parte de la variación se presentó entre árboles dentro de procedencias. Será de mucho interés comprobar si esta tendencia persistirá en los próximos años.

Literatura citada

1. ABELL, T. M. The silviculture of *Pinus caribaea* M. with reference to its natural distribution. CFI, Oxford, 1969 (Unpublished) s.p.
2. ALPERT, P. Variation of growth characteristics in *P. caribaea* Morelet and *P. oocarpa* Schiede. In: Tropical provenances and progeny research and international cooperation. (eds. J. Burley and D. G. Nikles). CFI, Oxford, 1973. 327-35.
3. ANDERSON, R. L. y BANCROFT, T. A. Statistical theory in research. McGraw-Hill, London, New York. 1952. 399 p.
4. ANDREW, I. A. Variation in leaf morphology among provenances of *Eucalyptus camedulensis* Dehn. grown in Rhodesia. Rhodesia Journal Agriculture Research 11:155-69. 1973.
5. BARNES, R. D., GIBSON, G. L. y BARDEY, M. Variation and genotype environment interaction in internal provenance trials of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and implication for population improvement strategy. In: IUFRO Symp. and workshop on genetic improvement and productivity of fast-growing tree species. Paper, IUFRO Symp. 1980. 20 p.

6. BARRETT, W. H. The growth of subtropical pines in Argentina. In: Selection and breeding to improve some tropical conifers. (eds. J. Burley and D. G. Nikles) CFI, Oxford. Vol. I. 274-84. 1972.
7. BARRETT, W. H. y GOLFARI, L. Descripción de dos nuevas variedades del Pino del Caribe" (*Pinus caribaea* Morelet). Caribbean Forester 23(2):59-71. 1962.
8. BURLEY, Y. y GREEN, C. L. Relationships of terpenes between exotic and natural population of *Pinus caribaea* Morelet and *P. oocarpa* Schiede. In: Conference Biochemical Genetic Forestry Trees, Umea, Swden, 1978. (ed. D. Rudin). 1979. 118:35.
9. BURLEY, J. y NIKLES, D. C. Tropical provenance and progeny research and international cooperation. Proc. IUFRO Symp. Nairobi, Kenya. 1973. CFI, Oxford University, England 597 p.
10. CRACIUN, C. C. T. *P. caribaea* Morelet international provenance trials progress report, Northern Territory, Australia. In: Progress and problems of genetic improvement of tropical trees. (eds. D. G. Nikles, J. Burley and R. D. Barnes) CFI, Oxford. Vol. I, 325-33. 1978.
11. DYSON, W. G. Prueba de procedencias de *P. caribaea*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 1978. 7 p. (Unpublished)
12. EGENTI, L. C. Provenance trial of *P. caribaea* Morelet in Southern Nigeria. In: Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. (eds. D. G. Nikles, J. Burley and R. D. Barnes) CFI, Oxford. Vol. I, 342-55. 1978.
13. FALKENHAGEN, E. R. *Pinus caribaea* Morelet provenance variation in South Africa. In: Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. (eds. D. G. Nikles, J. Burley and R. D. Barnes) CFI, Oxford. Vol. I, 356-69. 1978.
14. FERNANDEZ DE LA REGUERA, P. A., BURLEY, J. MARRIOT, F. H. C., STEAD, J. W. y STYLES, B. T. A preliminary classification of Central American pines by multivariate analysis methods. Simp. of multivariate statistical analysis, held in Campinas, Brazil (1978). (Unpublished)
15. GARDINER, A. S. and JEFFERS, J. N. R. Analysis of the collective species *Betula alba* L. on the basis of leaf measurements. Silvae Genet. 11(5/6):156-61. 1962.
16. GRANHOF, J. J. Four years development of *P. caribaea* Morelet in the international provenance trials of 1972 at two locations in Thailand. In: Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. (eds. D. G. Nikles, J. Burley and R. D. Barnes) CFI, Oxford Vol. I, 370-75. 1978.
17. GREAVES, A. Preliminary report on the assessment of species and provenance trials of tropical pines in the East African lowlands. 1976. EAAFR0, For. Tech Note No 34, 8 p.
18. GREAVES, A. Review of the *Pinus caribaea* Mor. and *Pinus oocarpa* Schiede international provenance trials, 1978. CFI Oxford, 1980. No 12. 89 p.
19. GREAVES, A. y KEMP, F. H. International provenance trials: *Pinus caribaea* Morelet. In: Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. (eds. D. G. Nikles, J. Burley and R. D. Barnes) CFI, Oxford Vol. I, 302-10. 1978.
20. HOLDRIGE, L. R. Life zone ecology. (rev. ed) San José Costa Rica, 1967. Tropical Science Center. 206 p.
21. HUGHES, J. F. A preliminary investigation of some structural features and properties of the wood of *Pinus caribaea* from British Honduras. Commonwealth Forestry Review 29(4):336-55. 1970.
22. HUNT, D. R. Some notes on the pines of British Honduras. Emp. Forestry Review 41(2):134-45. 1962.
23. JEFFERS, J. N. R. An analysis of variability in *Pinus contorta*. Statis. Sec. Paper For. Comm. 1961. No 23. 18 p.
24. KEMP, R. H. Seed sources and seed procurement of low-altitude tropical pines in Central America. In: Selection and breeding to improve some tropical conifers. (eds. J. Burley and D. G. Nikles), CFI, Oxford. Vol. I, 9-16. 1972.

25. KEMP, R. H. International provenance research on Central American pines. *Commonw For. Rev* 52(1):55-66 1973a.
26. KEMP, R. H. Status of the CFI international provenance trial of *Pinus caribaea* Morelet, September, 1973. In: Tropical provenance and progeny research and international cooperation (eds. J. Burley and D. G. Nikles), CFI, Oxford 1973b. 10-7.
27. LAMB, A. F. A. *Pinus caribaea* Vol. I. Fast-growing timber of the lowland tropics. Department Forestry, Oxford University. 1973 No. 6. 272 p.
28. LUCKHOFF, H. A. The natural distribution, growth and botanical variation of *Pinus caribaea* Mor. and its cultivation in South Africa. 1964. *Ann Univ van Stellenbosch*. 39A(1). 160 p.
29. NIKLES, D. G. A 15 year provenance trial study of *Pinus caribaea* Morelet in sub-tropical coastal lowlands of Queensland, Australia. In: Selection and breeding to improve some tropical conifers. (eds. J. Burley and D. G. Nikles), CFI, Oxford. Vol. I. 400-17. 1972.
30. NIKLES, D. G. Progress in breeding *Pinus caribaea* Morelet in Queensland, Australia. In: Selection and breeding to improve some tropical conifers. (eds. J. Burley and D. G. Nikles), CFI, Oxford Vol. II. 245-66. 1973.
31. NIKLES, D. G. Establishment and early development (to 3, 5 years) of the international provenance trials of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barrett and Golfari in Queensland Australia. In: Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees (eds. D. G. Nikles, J. Burley and R. D. Barnes), CFI, Oxford. Vol. I. 386-403. 1978.
32. RIDER, E. J. Queensland provenance trials of *P. caribaea* var. *hondurensis* Barret and Golfari planted 1956-1969. In: Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. (eds. D. G. Nikles, J. Burley and R. D. Barnes), CFI, Oxford. Vol. I 425-33. 1978.
33. ROBERDS, J. H., NAMKOONG, G. y DAVEY, C. B. Family variation in growth response of loblolly pine to fertilizing with urea. *Forestry Science* 22(3):291-99 1976.
34. SLEE, M. U. and NIKLES, D. G. Variability of *Pinus caribaea* Mor. in young Queensland plantations. Pap. 9th Commonw Forestry Conference, New Delhi. 1968. 50 p.
35. TURNER, B. J. Application of cluster analysis in natural resources research. *Forestry Science* 20(4):343-49. 1974.
36. VAN WYK, G. The international provenance of *Pinus caribaea* Morelet in the Republic of South Africa. In: Progress and problems of genetic improvement of tropical forest trees. (eds. D. G. Nikles, J. Burley and R. D. Barnes), CFI, Oxford, Vol. I, 434-37. 1978.
37. VINCENT, A. J. y MANG, M. Growth of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. and Golf in Fiji. In: Selection and breeding to improve some tropical conifers. (eds. J. Burley and D. G. Nikles), CFI, Oxford, Vol. I, 351-65. 1972.

Notas y comentarios

Academia de Ciencias de Cuba. Recientemente hemos recibido siete publicaciones de la A.C.C., cuatro Informes Científico-técnico (no. 21, 104, 124 y 175) y tres publicaciones no seriadas, todas relacionadas con la Ciencia del Suelo. Los trabajos recibidos cubren aspectos de génesis, mineralogía y materia orgánica en suelos cubanos y son distribuidas por la Editorial de la Academia de Ciencias de Cuba, La Habana 2, Cuba

Publicaciones

Esta publicación titulada *Pinus oocarpa* es la segunda de la serie de bibliografías que el autor A. Greaves ha preparado sobre especies forestales tropicales de reconocido valor comercial.

En esta oportunidad se presentan en forma resumida 310 revisiones bibliográficas sobre *Pinus oocarpa* Schiede; conífera de rápido crecimiento, nativa de zonas altas de México y América Central.

Esta especie ha demostrado tener amplias posibilidades para el establecimiento de plantaciones comerciales en las zonas tropicales y subtropicales, razón por la que en los últimos años esta conífera ha sido ampliamente investigada.

Las 310 citas resumen en forma bastante clara la mayoría de las investigaciones, que sobre esta especie han sido realizadas desde 1936 hasta 1980.

Para facilitar la utilización de la bibliografía, el autor clasifica las citas en los siguientes campos: Revisión de literatura, Poblaciones naturales, Silvicultura, Evaluación de la especie, Fisiología, Crecimiento y producción, Genética, Plagas y enfermedades, Propiedades de la madera, Utilización.

Este tipo de bibliografías son de gran valor, ya que le ofrecen al técnico información en forma concisa sobre una amplia variedad de temas; y además, porque ponen a su disposición una considerable cantidad de información, que de otra forma le sería de muy difícil adquisición.

Publicaciones

El grupo británico de Investigaciones Geomorfológicas ha publicado 30 boletines técnicos con el fin de reunir la metodología aplicada a problemas de geomorfología por temas específicos.

El presente boletín titulado "Soil aggregate stability tests for the geomorphologist", trata sobre métodos para estimar la estabilidad de agregados y cubre tanto aspectos teóricos de formación de agregados como los principales métodos para su cuantificación desde el punto de vista geomorfológico.

La publicación puede ser adquirida por medio de Geo Abstracts Ltd., Regency House 34 Duke Street, Norwick NR 3 3AP, England.