

# Análisis del incremento de madera en plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr et Golf en Turrialba, Costa Rica<sup>\*1/</sup>

N. REYNA\*\*, N. J. GEWALD\*\*\*

## ABSTRACT

*The increment of Pinus caribaea var hondurensis between 9 and 12 years of age has been calculated for 10 sample plots of 0,1 ha each established within small plantations in the Valley of Turrialba, Costa Rica. The mean annual increment varied between 31.6 and 68.4 m<sup>3</sup>/ha with a bark percentage between 21 and 24 per cent.*

*The highest increments were found on sites with deep, well-drained soils.*

*The plantations, spaced at 2.5 x 2.5 m, close their canopy at age 6 - 7. Until this age the development of weeds, mainly grasses, in the pine plantations is very vigorous.*

*From out of the ten sample plots were submitted to a moderate selective thinning in which the relative spacing index (S%) was raised with values between 4 and 5.6 per cent. From the silvicultural point of view it seems necessary to carry out a first thinning when the stand closes canopy. New trials should provide data about the most appropriate moment and intensity of thinnings.*

## Introducción

El *Pinus caribaea* var *hondurensis* es una especie forestal distribuida en forma natural en la vertiente atlántica de los países centroamericanos de Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua y en El Salvador. En estos países la madera de esta especie es utilizada mayormente en aserrío, contrachapado y postes. En Honduras se está programando su aprovechamiento en la producción de pulpa para papel.

Su característica de amplia plasticidad ecológica y rápido crecimiento fueron factores que incidieron en el fomento de las plantaciones en Australia, Fiji, Malasia, Suráfrica, Brasil, Venezuela, Panamá, México y otros (4).

El rápido crecimiento de esta especie en plantaciones, especialmente en zonas tropicales húmedas, condiciona una baja densidad de la madera y, por lo tanto, su utilización ha sido orientada preferentemente hacia la producción de pulpa. Sin embargo, en zonas con una estación seca bien definida donde el crecimiento del pino es más lento, la mayor densidad de la madera

ofrece posibilidades para su utilización en postes de transmisión y madera de aserrío.

Debido al gran interés que existe en dicha especie, es de suma importancia que se estudie su crecimiento inicial, tanto en parcelas experimentales como en plantaciones. El presente artículo tiene por objeto analizar el incremento de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en pequeñas plantaciones de 9 a 12 años de edad en el Valle de Turrialba, Costa Rica.

## Descripción del área de estudio y metodología empleada.

El estudio se llevó a cabo en los terrenos pertenecientes al CATIE, así como en los alrededores de Turrialba. La zona se ubica a una distancia de 50 kilómetros al este de San José, a una elevación que varía de 600 a 1100 metros sobre el nivel del mar. Las condiciones climáticas se caracterizan por una precipitación anual de 2674 mm, sin una definida estación seca, aún cuando los meses de febrero y marzo son más secos, una temperatura media anual de 22,2°C y una humedad relativa promedio del aire de 87 por ciento. Estos datos fueron proporcionados por la estación meteorológica del CATIE, ubicada a una elevación de 600 m s n m. El área de estudio pertenece a la zona de

\* Recibido para la publicación el 30 de octubre de 1979.

1/ El presente estudio es parte de la tesis del primer autor, para optar al grado de Mag. Sc. en el Programa UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica.

\*\* Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional Heredia, Costa Rica.

\*\*\* Programa de Recursos Naturales Renovables del CATIE, Turrialba, Costa Rica.

vida del bosque muy húmedo premontano, según la clasificación de Holdridge.

Para determinar el incremento de madera y efectuar acciones de raleo se siguió la "metodología para investigaciones en parcelas permanentes de clareo y rendimiento en plantaciones forestales", indicado por Silva (7). Para este estudio, diez rodales de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, plantados entre junio de 1965 y octubre de 1968, fueron seleccionados en el valle de Turrialba. En cada rodal se estableció una parcela permanente con una superficie de 1000 m<sup>2</sup>. Todos los árboles de las parcelas fueron medidos para determinar el área basal, el volumen de madera en pie y el índice de espaciamiento relativo tanto para la masa original como para la masa extraída y la masa residual. Además, en las cuatro parcelas situadas en el CATIE, se efectuaron raleos eliminando los árboles oprimidos, mal for-

mados y algunos árboles codominantes, propiciando de esta manera la apertura del dosel. Por ser los primeros raleos en rodales de esta especie en Turrialba, se optó por un raleo moderado reconociendo la posibilidad de tener que realizar un segundo raleo dentro de pocos años. Se obtuvieron los datos para determinar el factor de forma y el porcentaje de corteza de los árboles medios que habían sido cortados en el raleo.

### Resultados y discusión

#### Incremento de volumen de madera.

Los principales resultados del análisis del incremento de las parcelas se presentan en el Cuadro 1. Comparando los rendimientos de las parcelas es probable inferir que las plantaciones del presente estudio se encuentran sobre la misma clase de sitio, variando

Cuadro 1.—Análisis de parcelas de 0,1 ha de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Turrialba, Costa Rica

Parcela		Masa original						Incremento medio anual				
Nº	Lugar (Nombre del propietario en paréntesis)	t	N	$\bar{d}_{cc}$	$\bar{h}$	G	V	S%	d	h	h-dom	V
		Años		(cm)	(m)	m <sup>2</sup> /ha	m <sup>3</sup> /ha		(cm)	(m)	(m)	m <sup>3</sup> /ha
1	Florencia Sur I (CATIE)	11,83	670	26,4	24,0	36,75	405,72	16,2	2,23	2,03	2,16	34,29
2	Florencia Sur II (CATIE)	9,75	600	26,5	20,8	33,21	317,75	20,5	2,72	2,15	2,19	32,60
3	Coniferato (CATIE)	11,75	1 360	20,7	22,0	45,64	481,96	11,8	1,76	1,87	2,09	41,02
4	Club (CATIE)	9,08	1 170	18,3	19,0	30,83	287,03	14,8	2,01	2,09	2,33	31,61
5	Atirro (Rojas)	9,58	1 430	19,3	19,5	41,93	400,64	12,9	2,01	2,03	2,30	41,82
6	Tres X (Abarca)	9,66	1 200	24,9	21,0	58,51	571,49	13,0	2,58	2,15	2,44	59,16
7	Pavones (Sánchez)	9,50	1 260	21,5	19,0	45,86	418,24	13,9	2,26	2,00	2,29	44,02
8	Azul (Jiménez)	8,83	1 310	24,7	20,5	62,72	604,31	12,9	2,80	2,32	2,60	68,44
9	Turrialba (Helfenberger)	9,66	720	28,8	24,0	47,06	519,54	15,9	2,98	2,48	2,61	53,78
10	La Roncha (Cooparagón)	9,66	1 310	22,1	20,0	50,29	482,72	13,2	2,29	2,07	2,33	49,98
Promedio:*									2,36	2,12	2,33	48,01

\* Promedio de siete parcelas excluyendo la 1, 2 y 9 por incompletas

t Edad

cc Con corteza

V Volumen total/hectárea

N Número de árboles/hectárea

$\bar{h}$  Altura total promedio

S Índice de espaciamiento relativo

$\bar{d}$  Diámetro promedio a 130 cm

G Área basal/hectárea

h-dom Altura dominante  
(promedio de los 100 mayores  
árboles/hectárea)

en un espectro de bueno a excelente. Estos datos concuerdan con el estudio realizado por Isolan (3), quien opina que las plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* estudiadas por dicho autor en el Cantón de Turrialba se encuentran en la misma clase de sitio con la excepción del rodal de Puente Cajón (no incluida en el presente estudio). Indica así mismo que las condiciones de drenaje y sus factores correlacionados como capa freática y profundidad de las raíces, son los principales factores limitantes en el crecimiento de esta especie en Turrialba.

Musalem (5), en estudios realizados en el CATIE, encontró en plantaciones de la misma especie, un incremento medio anual (I.M.A.) entre 18 y 39,3 m<sup>3</sup>/ha, a cinco años de edad. Luego Salazar (6) encontró un incremento medio anual de 63 m<sup>3</sup>/ha como promedio de 16 parcelas de 5 a 8 años de edad en el Cantón de Turrialba. En las siete parcelas del presente estudio que no habían sido sometidas a raleos previos, o sea con rendimientos completos, se obtuvo en promedio un I.M.A. de 48,0 m<sup>3</sup>/ha con corteza a edades entre 9 y 12 años. El I.M.A. varió entre 31,6 y 68,4 m<sup>3</sup>/ha/año, diferencias que pueden atribuirse a las distintas condiciones de sitio, sobre el cual las plantaciones se desarrollaron. Es notable inferir que las parcelas establecidas en el CATIE acusaban incrementos inferiores en relación a las demás parcelas.

Las parcelas Azul, Tres X y Turrialba, presentan los rendimientos más elevados y, al mismo tiempo, altos incrementos anuales en altura. Las parcelas Club y La Roncha, con un I.M.A. de 31,6 y 50,0 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente, tienen igual incremento en altura mayor. Así mismo el Coniferato tiene un I.M.A. de 41,0 m<sup>3</sup>/ha y sin embargo posee el menor incremento en altura mayor de 2,1 m. Estos datos aparentemente contradictorios se pueden atribuir a la influencia decisiva de la densidad de los árboles. Según Hiley (2), bajo determinado ámbito, el incremento de madera es más elevado en rodales con mayor densidad de árboles.

Al establecer una comparación con los incrementos obtenidos en otros países, se deduce que las parcelas analizadas en Turrialba, Costa Rica, tienen rendimientos elevados. Esta característica de altos rendimientos debe suponerse con cierta precaución, porque dichas plantaciones representan pequeñas áreas de 0,5 a 1,5 ha y fueron establecidas generalmente sobre buenos sitios, donde la pendiente era el factor limitante para la plantación de café o caña de azúcar, que son los cultivos tradicionales de la zona. Además, debe tomarse en cuenta la alta precipitación anual. En las parcelas del CATIE, donde los sitios marginales fueron aprovechados para las plantaciones de pino, el rendimiento fue mucho menor.

#### *Incremento en diámetro y altura*

Se obtuvo una relación directa entre los incrementos del diámetro y de la altura. Este resultado concuerda con los estudios realizados por Musalem (5).

Así mismo se encontró en la mayoría de las parcelas una relación inversa entre el incremento diamétrico y la densidad de los árboles. Los resultados contradictorios obtenidos en las parcelas Azul y Tres X se atribuyen a condiciones excepcionales de sitio.

Isolan (3), menciona un incremento anual en altura de 2,5 metros para árboles dominantes y codominantes de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 2 a 6 años de edad en Turrialba. Para el presente estudio, a edades entre 9 y 12 años, el incremento en altura dominante varió entre 2,1 y 2,6 metros/año, con un promedio de 2,33 m/año.

#### *Factor de forma y porcentaje de corteza*

Según Bruce y Schumacher (1), existe una correlación entre el factor de forma y el diámetro de los árboles. El análisis de regresión efectuado indicó cierta relación entre estos parámetros; sin embargo, el grado de asociación entre ambas variables fue bajo. La baja correlación encontrada puede atribuirse a la heterogeneidad de los rodales por constituir extensiones pequeñas, distribuidas en sitios diferentes. El factor de forma obtenido de la curva de regresión varió entre 0,46 para un d.a.p. de 28 cm y 0,49 para un d.a.p. de 18 cm. Estos factores fueron utilizados para calcular los respectivos volúmenes de madera.

El porcentaje de corteza obtenido del análisis de regresión, varió entre 21 y 24 por ciento para un d.a.p. de 28 y 18 cm respectivamente. Tampoco hubo alta correlación entre el porcentaje de corteza y el diámetro de los árboles.

#### *Raleo*

Del Cuadro 2, se desprende que los volúmenes obtenidos por efecto del raleo varían de 84 a 114 m<sup>3</sup>/ha, valores que justifican económicamente la práctica de los raleos. No obstante, los valores del índice de espaciamiento relativo (S%)<sup>\*</sup> para la masa residual son bajos, indicando la necesidad de raleos tempranos. El S% original de las diez parcelas y el S% residual de las cuatro parcelas raleadas se presentan en los Cuadros 1 y 2. Por efecto del raleo el S% original fue elevado en un ámbito entre 4 y 5,6 unidades para llegar a un S% final de 15,8, 20,2, 20,4 y 25,1 por ciento. Los diferentes niveles de S% finales tienen objetivos experimentales. Voorhoeve y Schulz (8) recomiendan conservar un S% entre 20 y 30 para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Wormald (9), menciona para madera de aserrío de *Pinus patula* un S% de 18 a 24 a edades de 10 a 15 años; en cambio, para producción de madera para pulpa señala un S% de 13 a 17.

\* S% = Espaciamiento medio/altura dominante) × 100%

Cuadro 2—Análisis de las parcelas sometidas a raleo, en *Pinus caribaea* var *hondurensis*

Número	Parcela	t Años	N	Masa extraída			Masa residual			
				N	G m <sup>3</sup> /ha	V m <sup>3</sup> /ha	N	G m <sup>3</sup> /ha	V m <sup>3</sup> /ha	S%
1	Florencia Sur I	11,83	670	240	9,05	87,17	430	27,70	318,55	20,2
2	Florencia Sur II	9,75	600	200	9,30	84,34	400	23,91	233,17	25,1
3	Coniferato	11,75	1 360	600	12,34	114,16	760	33,30	367,80	15,8
4	Club	9,08	1 170	550	10,70	88,95	620	20,13	198,08	20,4

Para los símbolos véase Cuadro 1

En la parcela del Coniferato, con un S% original de 11,8, todos los árboles con diámetros inferiores al diámetro medio, se curvaron después de haber efectuado el raleo que llevó el S% a 15,8 (ver Figura 1)

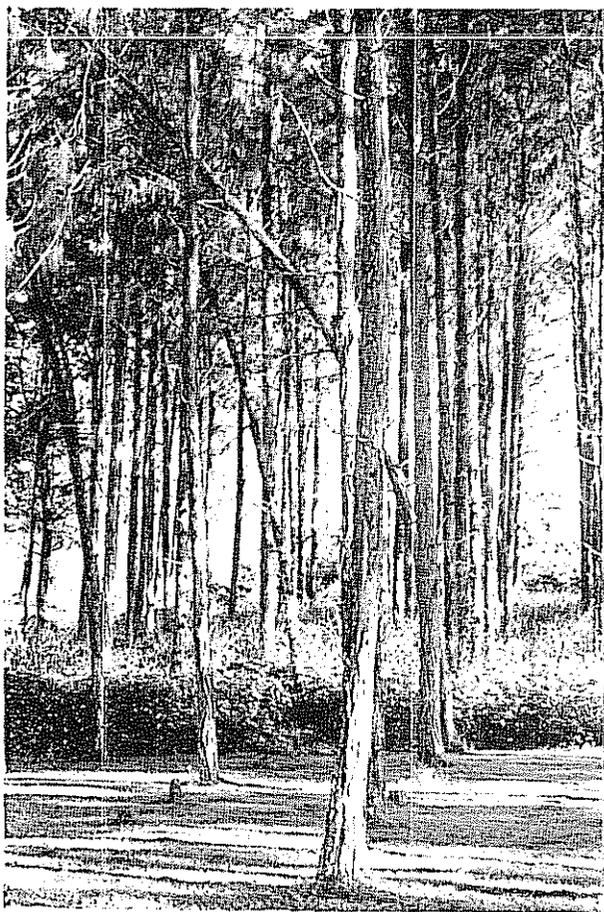


Fig. 1—Vista parcial del rodal de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* donde se aprecian fustes delgados y árboles inclinados como consecuencia de un raleo tardío. Edad 12 años (Coniferato, CATIE, Turrialba, Costa Rica)

Aparentemente los fustes de estos árboles delgados no pudieron resistir al peso de las copas humedecidas por efecto de los fuertes aguaceros acacidos.

Para la producción de madera para pulpa puede contemplarse el método de tala a matarrasa a la edad de diez años en sitios buenos. En sitios regulares parece preferible efectuar un raleo intermedio a la edad de 7 a 8 años y una corta final a edades de 12 a 15 años.

Para la producción de madera de aserrío puede considerarse un turno final de 20 años con cortas intermedias a edades de 6-7, 11-12 y 15 años. La densidad de la madera es relativamente baja y necesariamente la madera aserrada debiera ser protegida con tratamientos contra el ataque de hongos e insectos.

Se requieren futuros estudios para determinar esquemas racionales de raleo en función a las diferentes condiciones de sitios, especialmente cuando la madera de esta especie producida en Turrialba sea útil para el aprovechamiento en madera de aserrío.

### Conclusiones

1. En siete parcelas de 0,1 ha de *Pinus caribaea* var *hondurensis* de 9 a 12 años de edad en Turrialba, Costa Rica, se obtuvo un incremento medio anual de 31,6 a 68,4 m<sup>3</sup>/ha, con un promedio de 48,0 m<sup>3</sup>/ha; el porcentaje de corteza varió entre 21 y 24 por ciento y el factor de forma varió entre 0,46 y 0,49.
2. En diez parcelas se obtuvieron incrementos medio anuales de 2,36 cm en diámetro, 2,12 m en altura y 2,33 m en altura mayor.
3. El volumen de la masa extraída por efecto del raleo en 4 rodales varió entre 84 y 114 m<sup>3</sup>/ha; a causa de la tala del 33 al 47 por ciento del número de árboles encontrados, el área basal original

se redujo de 25 a 35 por ciento. El índice de espaciamiento relativo se aumentó entre el 4 y el 5,6 por ciento por efecto del raleo y finalmente la masa residual fue dejada en 15,8, 20,2, 20,4 y 25,1 por ciento en las cuatro parcelas raleadas.

### Resumen

El presente trabajo tuvo por objeto el análisis del incremento de madera en 10 pequeñas plantaciones de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* entre 9 y 12 años de edad en Turrialba, Costa Rica.

Se establecieron parcelas permanentes de 0.1 ha dentro de las plantaciones. El incremento medio anual varió entre 31,6 y 68,4 m<sup>3</sup>/ha con un porcentaje de corteza entre 21 y 24 por ciento.

Los mejores incrementos se encontraron en los sitios con suelos profundos y bien drenados. Empleando espaciamientos de 2,5 x 2,5 m, el dosel se cierra a una edad de 6 a 7 años. Hasta esa edad el desarrollo de las malezas (especialmente de gramíneas) en las plantaciones de pinos es bastante fuerte.

Cuatro de las diez parcelas fueron sometidas a un raleo moderado selectivo, elevando el índice de espaciamiento relativo (S%) con valores entre 4 y 5,6 por ciento. Del punto de vista silvicultural parece necesario efectuar un primer raleo cuando el dosel del rodal se cierra. Nuevos ensayos deben de proveer información sobre el momento y la intensidad más adecuada para efectuar raleos.

### Literatura citada

- BRUCE, D. y SCHUMACHER, B. Medición Forestal México D. F., Centro Regional de Ayuda Técnica, 1965. 474 p.
- HILEY, W. E. Conifers: South African methods of cultivation. London, Faber and Faber, 1959. 123 p.
- ISOLAN, F. B. Estudio de qualidades de sitio para *Pinus Caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf, no cantão do Turrialba, Costa Rica Tesis Mag. Sc Turrialba, Costa Rica, IICA 1972. 83 p.
- LAMB, A. F. A. *Pinus caribaea* Oxford, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, 1975. V. 1, 254 p.
- MUSALEM, M. A. Estudio del comportamiento de *Pinus caribaea* Morelet en el trópico húmedo. Tesis Mag. Sc Turrialba, Costa Rica, IICA, 1973. 108 p.
- SALAZAR, R. Rendimiento del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. a los 8 años de edad en el cantón de Turrialba, Turrialba, Costa Rica, Programa de Diversificación Agrícola, 1976. 33 p.
- SILVA, S. R. Metodología para la investigación en parcelas permanentes de clareo y rendimiento en plantaciones forestales Mérida, Venezuela, I.F.L.A.I.C. Boletín N° 38: 59-89 1971.
- VOORHOEVE, A. G. y SCHUIJZ, J. P. La densidad de parcelas permanentes de clareo y rendimiento en plantaciones forestales. Mérida, Venezuela, I.F.L.A.I.C. Boletín N° 27-28: 3-17 1968.
- WORMALD, T. J. *Pinus patula* Oxford, Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford, 1975. 172 p.

## Notas y Comentarios

### La ingeniería genética amenaza a la industria azucarera

El aire está lleno de noticias sobre la ingeniería genética en estos días. Entre las más recientes está una que es alarmante para los países productores de azúcar y que se suma a la producción de jarabe de fructosa, ahora popular con los fabricantes de refrescos (Cf. *Turrialba* 26:341 1976).

Dos compañías de California están dando lanzadas contra el mercado de azúcar de caña y de remolacha, el que tiene una magnitud, sólo en los Estados Unidos, de US\$ 7000 millones, con un proceso industrial que utiliza bacterias para elaborar fructosa pura a partir de almidón de maíz. El proceso fue inventado por la Cetus Corporation, una pequeña compañía microbiológica, y está financiado por Chevron (Standard Oil de California).

Los detalles del proceso son todavía poco conocidos. Pero lo que Cetus ha hecho, con la ayuda de varios millones de Chevron, es manipular bacterias para volverlas productoras altamente eficientes de fructosa, la que es 1,7 veces más dulce que la azúcar ordinaria. Ahora las dos compañías, con algunos millones más de Chevron, están transformando esta pieza de tecnología de laboratorio en un proceso industrial continuo, que se espera incluya técnicas nuevas de fermentación. A menos que se presenten problemas imprevistos, las

dos compañías seguirán adelante con una planta piloto, que estará lista en cinco o seis años. Esto costaría, a los precios actuales, US\$ 15 a 20 millones.

La única fructosa pura y cristalina disponible comercialmente en la actualidad es hecha en Europa, usando una técnica cara. Esta fructosa cuesta 4 a 10 veces más que la azúcar. El principal mercado consiste de diabéticos: una ventaja de la fructosa es que no causa el rápido aumento en la sangre creado por la sacarosa (el azúcar ordinaria).

Cetus espera alcanzar un precio más bajo que el azúcar, calculado en equivalente de dulzura. Será necesario esto si espera vender en la Comunidad Económica Europea (CEE), donde los productores de azúcar de remolacha han logrado conseguir un impuesto de importación de 20 por ciento a la fructosa procedente de países de fuera de la CEE. Además, la fructosa tiene una ventaja extra sobre el azúcar para los compradores: su dulzura puede obtenerse por la mitad de las calorías de la sacarosa, una ventaja importante para los que cuidan su peso. Es más, siendo un producto natural, la fructosa no tendrá dificultades con las disposiciones de seguridad que acosan a los edulcorantes artificiales, especialmente en los Estados Unidos.

Pero, en algunos mercados, el nuevo proceso tendrá que competir con los jarabes ricos en fructosa. Estos son cada vez más usados para las bebidas gaseosas. Pero, estos jarabes proveen una lección saludable en los peligros de competir con el precio volátil del azúcar. La Coca-Cola y la Pepsi-Cola anunciaron a comienzos de 1980 que querían usar más fructosa para reemplazar sacarosa, de más calorías, en sus

bebidas Pero no han podido comprar tanto como hubiesen querido Los fabricantes de fructosa, después de ser golpeados cuando bajaron los precios del azúcar, cerraron varias fábricas y dejaron de invertir en nuevas.

Chevron y Cetus están por lo menos apuntando hacia un mercado más amplio que el que existe para jarabes ricos en fructosa. Planeaban vender fructosa no sólo en forma líquida sino también como cristales secos Esto la hará aprovechable para, entre otras cosas, cereales de desayuno azucarados y cubos de azúcar.

Pero aquí, también, la fructosa derivada de bacterias encara una posible competencia Tate and Lyle, la firma azucarera inglesa, espera tener otro edulcorante que ellos producen con bacterias, talina, en un par de años fuera de los laboratorios de investigación y aprobada para el consumo humano La talina es unas 3000 veces más dulce que el azúcar y, al igual que la fructosa, es un producto natural, normalmente y costosamente producido por unas especies de frutillas africanas (*Richardella dulcifica* y *Dioscoreophyllum cumminsii*, Cf *Turrialba* 24:3-19). Aunque pierde su sabor al cocinarse, la talina derivada de la frutilla ha encontrado ya un mercado en el Japón como aditivo a los alimentos, donde su capacidad de agregar un sabor persistente es tan importante para el consumidor como su dulzura concentrada.

#### *La ingeniería genética y la industria petroquímica*

Las bacterias, ya usadas ampliamente para hacer antibióticos, enzimas y vitaminas, y que ahora se les está modificando para hacer vacunas e interferones, pueden representar una parte importante en la producción de plásticos, pinturas y plaguicidas en los próximos 10 a 15 años (*New Scientist*, vol. 85, N° 1198, p 833).

Howard Dalton, del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Warwick, en Coventry, Inglaterra, ha estado investigando las bacterias usadas para elaborar alimentos para animales a partir de gas natural del Mar del Norte y encuentra que ellas pueden también ser acondicionadas para producir materiales que van desde plásticos y pinturas hasta plaguicidas Por ejemplo, las bacterias pueden oxidar hidrocarburos mucho más eficientemente que los procesos industriales convencionales. El inconveniente en usar bacterias, sin embargo, es su productividad relativamente baja Pero la ingeniería genética ofrece ahora los métodos para aumentar la productividad cientos de veces, haciendo así más atractiva la biotecnología bacteriana.

El grupo de Dalton comenzó a trabajar con *Methylococcus capsularis*, una bacteria que se alimenta del metano y lo oxida, que fue originalmente aislada de los baños calientes de Bath Somerset, al comienzo de los novecientos setenta El *Methylococcus* fue considerado entonces como una fuente de proteína unicelular para alimento animal Tales posibilidades eran atractivas porque en ese momento la pesca de anchovetas y las cosechas de soya habían fracasado, lo que forzó a los productores europeos a buscar una fuente independiente de proteína para la ganadería Pero, conforme se fue elevando el precio del gas natural, el grupo volvió sus miradas hacia otros productos de más valor que podrían hacerse con este procedimiento

Los investigadores descubrieron que el *Methylococcus* puede oxidar varios otros hidrocarburos además del metano Por ejemplo, puede oxidar el etileno a oxietileno, una reacción difícil de realizar por otros medios La bacteria puede también oxidar propileno a oxipropileno, una reacción que, tal como se lleva a cabo en la actualidad en la industria química, es cara e ineficiente Ambas oxidaciones forman parte de los primeros pasos para hacer espumas de plástico y pinturas, entre otros productos; y esto sugirió una aplicación inmediata para el descubrimiento.

En todo el mundo, unos 10 millones de dólares de oxipropileno, a 800 dólares la tonelada métrica, se están produciendo anualmente por las técnicas convencionales Otras oxidaciones importantes que Dalton ha encontrado que pueden ser ejecutadas eficientemente por *Methylococcus* incluyen: benceno a fenol, tolueno a cresol, y metanol a formaldehído. Entre estos, la oxidación del tolueno a cresol parece especialmente atractiva debido al gran salto en valor; de 400 dólares por tonelada para el tolueno a 1200 dólares por tonelada para el cresol

La atracción obvia en el uso de *Methylococcus* en tales procesos es que obtiene sus oxidaciones a una temperatura de unos 40°C y a presiones normales, comparado con los varios cientos de grados y las altas presiones necesarias en los procesos convencionales Aun cuando se haga el uso máximo posible del calor del proceso necesario para las oxidaciones convencionales de hidrocarburos, un proceso manufacturero que involucre acción bacteriana, siempre resulta en un ahorro considerable de energía.

La rotura de frente de Dalton consiste en que él ha mostrado cómo mejorar la hasta ahora baja productividad de la oxidación bacteriana El y sus colegas han sido capaces de modificar al *Methylococcus* multiplicando muchas veces la cantidad de DNA que codifica la enzima responsable de las vitales oxidaciones Así, las bacterias hacen mucho más enzima que lo general; son cientos de veces más productivas El secreto es insertar el DNA que codifica la enzima en plasmidios, estructuras celulares que pueden reproducirse independientemente de la bacteria Las enzimas son entonces multiplicadas en *Methylococcus* En el futuro, quizás, otras bacterias pueden mostrar ser más apropiadas para algunos procesos industriales Mediante una alianza entre esta ingeniería genética y la selección de cepas de bacterias que rindan las tasas más altas, y que no se envenenen con el producto que ellas producen, algunas oxidaciones bacterianas podrán ser todavía más eficientes

La forma corriente de utilizar enzimas bacterianas es aislarlas de las bacterias: Cetus, una compañía de bioingeniería norteamericana que trabaja también con *Methylococcus*, está siguiendo esta senda Sin embargo, existen problemas considerables con la inestabilidad de la enzima libre en proporcionarle energía en una forma apropiada El grupo de Dalton se propone a su vez usar bacterias enteras, ya sea cultivadas por reactores similares a los usados por la Imperial Chemical Industries (ICI) en sus instalaciones para hacer proteína unicelular a partir de etanol, o también inmovilizarlas en vidrio poroso o en bolitas de nilón.

Dalton cree que dentro de 10 a 15 años, las materias primas para pinturas plásticas, plaguicidas y otros productos, serán fabricadas por bacterias en Gran Bretaña, Europa, Estados Unidos y Japón El *Methylococcus* puede encontrar su primera aplicación en productos farmacéuticos y perfumes caros, cuya manufactura involucra pasos de oxidación especialmente difíciles de ejecutar por otros medios En el cercano futuro podría haber otro uso atractivo en hacer nuevas variantes de antibióticos para combatir bacterias resistentes; la reacción oxidativa es particularmente apropiada para esto

#### *Publicaciones*

*Agropecuaria Técnica* Editada por la Universidad Federal de Paraíba y con fecha enero-junio de 1980, ha aparecido la revista *Agropecuaria Técnica*, destinada a publicar los trabajos de su comunidad universitaria en el campo de las ciencias agrícolas El primer número tiene 15 artículos de investigación, dos de ellos de trabajos realizados en el CATIE, en Costa Rica, como trabajos de los autores en sus estudios de posgrado El Editor es Benjamín Fernández Medina, y la dirección es: Centro de Ciencias Agrarias, Universidade Federal de Paraíba, 38 397-Areia, Paraíba, Brazil