

MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA DINÁMICA DE EDADES Y RENDIMIENTO DE ALGUNOS SISTEMAS DE PODA DEL CAFÉ ARÁBICO EN CENTROAMÉRICA

MATHEMATICAL MODELING OF AGE AND YIELD DYNAMICS IN SOME CENTRAL AMERICAN ARABICA COFFEE PRUNING SYSTEMS

EDUARDO SOMARRIBA Y FRANCISCO QUESADA

CATIE, TURRALBA, COSTA RICA

Los cafetales son poblaciones estructuradas por la edad y el vigor de los tejidos, resultado de la aplicación de cortes que buscan eliminar tejidos improductivos y estimular el crecimiento de nuevo tejido productivo, por sus efectos sobre el rendimiento de café. Hasta hoy, los numerosos sistemas de poda se han descrito mediante textos e ingeniosos dibujos representando la aplicación de podas a lo largo del tiempo. Hasta hoy (Somarriba et al 2021).

En este cartel se describe matemáticamente el sistema de poda utilizado en Costa Rica (también en Nicaragua, Hawái, etc.), el cual se basa en la recepa (corte del tallo principal ortotrópico a 30-40 cm sobre el suelo) sistemática de las hileras de café, con un ciclo de poda de cuatro años, a unidades de poda conformadas por conjuntos de cuatro hileras contiguas. En este sistema se recepa una hilera cada año, en forma alterna según la secuencia de hileras 1:3:2:4. Las recepas inician a la edad de cinco años.

La secuencia de actividades características de este sistema de poda es la siguiente:

- Año 1: se planta el café
- Año 5: Recepa a 30 cm de altura de hilera #1
- Año 6: recepa a 30 cm de altura la hilera #3
- Año 7: recepa a 30 cm de altura la hilera #2
- Año 8: recepa a 30 cm de altura la hilera #4
- Año 9: recepa a 30 cm de altura de hilera #1

A partir del año 9 se repite la secuencia de recepa hasta completar el ciclo de 4 años el año 13. Las edades de las hileras pasan por una etapa de transición desde el momento de plantación hasta la edad de 8 años y logran una etapa estable a partir del año 9. Las edades de las hileras a lo largo del tiempo (n , en años) se pueden predecir con la siguiente ecuación matricial:

$M_1(T^n - I)u_1$ = un para $n \leq 8$ años en la etapa de transición y con

$M_2(T^n - 8(M_1(T^7)u_1))$ = un para $n \geq 9$ años en la etapa estable

El vector u_1 es un vector que describe las edades de las hileras de la unidad de poda el año 1, T es una matriz que aumenta en 1 año la edad de cada hilera, cada año, M_1 y M_2 son matrices de funciones módulo que ajustan las edades de las hileras según el ciclo de poda.

$$u_1 = (1 \ 1 \ 1 \ 1)$$

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$M_1 = \begin{pmatrix} \text{mod}_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \text{mod}_6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \text{mod}_5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{mod}_7 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad M_2 = \begin{pmatrix} \text{mod}_4 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \text{mod}_4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \text{mod}_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{mod}_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Las edades de las hileras se pueden combinar con una función de rendimiento relativo de café por edad (representado en una matriz g) y estimar el rendimiento físico considerando el rendimiento máximo de café por hilera (vector c). La ecuación matricial que describe el rendimiento acumulado en un cafetal con este sistema de podas en un periodo de 16 años es la siguiente:

$$R = \sum_{n=1}^8 CG(M_1(T^{n-1}u_1)) + \sum_{n=9}^{16} CG(M_2(T^{n-8}(M_1(T^7)u_1)))$$

$$G = \begin{pmatrix} g & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & g & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & g & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & g & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

El rendimiento relativo por edad (g) se presenta en el siguiente Cuadro. En Costa Rica el rendimiento máximo esperado es de 60 qq ha⁻¹, equivalente a 15 qq ha⁻¹ por hilera.

Edad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
g	0	0.15	0.65	1	0.85	0.7	0.45	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1

El modelo del sistema de poda permite ayudar a determinar el ciclo óptimo de poda, la mejor edad de inicio de podas y de las funciones de rendimiento por edad. Combinado con información financiera puede ayudar en la toma de decisiones de manejo de las plantaciones. Usando matrices de proyección de edades, aritmética modular, funciones escalón y funciones rendimiento-edad se pueden modelar sistemas de podas complejas que incluyen recepas, despuntes, esqueletoado y podas altas del tallo principal.