

UN METODO DE ANALISIS CUANTITATIVO EN FENOLOGIA *

Por

Jesús Mellado
Gaspar Olmedo
Juan R. Vericad
Roberto Lázaro

RESUMEN

Se ensaya y pone a punto un método de estimación cuantitativa de la fenología tomando como ejemplo los tres caméfitos más abundantes en una parcela de tomillar de la provincia de Almería. El nivel de actividad se define en base a criterios de presencia-ausencia de los tres elementos florales básicos. Se discute la elección del estimador, se valora la significación de los resultados obtenidos y se aplica un diseño de muestreo por medio de muestreos al azar en un transecto lineal prefijado.

SUMMARY

In order to estimate phenological changes in a quantitative way, a field method has been developed and tested in the three dominant shrubs occurring in a coastal sage shrubland in Almería, a province in the southeastern Spain. Phenological levels were estimated considering the presence percentage of buds, flowers and fruits. A sampling design was applied by means of sampling at random points over a prefixed line transect. Both the choice of the estimator and the statistical significance of the results are discussed.

* Este trabajo fue objeto de una comunicación en la VIII Reunión de la ponencia de Bioclimatología del CSIC, Zaragoza, Mayo 1983

El estudio de la fenología en plantas superiores se realiza generalmente clasificando el nivel de actividad en base a códigos de categorías fenológicas (ver por ej., Beatley, 1974; Ayyad, 1980; Mooney y Kummerow, 1981; West, 1983). Este tipo de clasificaciones suelen ser puramente descriptivas, y la variedad de categorías establecidas dificulta las comparaciones entre diferentes estudio. En la presente nota hemos ensayado y puesto a punto un método de estimación cuantitativa de la fenología floral, de fácil aplicación y que permite un análisis estadístico riguroso de los cambios fenológicos, en el espacio y en el tiempo.

Para la realización de este estudio se eligió una parcela de tomillar de apariencia homogénea y aproximadamente una hectárea de extensión en Cueva de Los Medina (coordenadas UTM: 30 S WF 6853), provincia de Almería, en zona de clima subdesértico atenuado (Capel, 1977, da un resumen climatológico general, y dentro de ella se estableció un transecto lineal fijo de noventa metros de longitud por un metro de anchura donde se estudio la fenología y a partir del cual se describió la composición y estructura de la parcela en base al valor de la cobertura vegetal, medida linealmente sobre el transecto.

En la figura 1 hemos representado las principales características del transecto. La cobertura total resultó ser del 40,4%, con un intervalo de confianza al 95% entre 33,1 y 47,7%. Esta cobertura proviene básicamente de tres caméfitos: *Thymelaea hirsuta* (L.) Endl. (*Thymelaeaceae*) con 14,9% (9,1 a 20,7%); ;*Thymus hie-malis* Lange (*Labiatae*) con 13,8% (7,6 a 20%) y *Helianthemum almeriense* Pau (*Cistaeae*) con 13,1% (8,1 a 18,1%). La siguiente especie en importancia, *Artemisia barrelieri* Besser (*Compositae*) suponía el 4,2% de la cobertura, en tanto que el resto de las especies detectadas (unas cuarenta, principalmente terófitos) sólo constituían el 0,63% de la cobertura total. Para el estudio de la fenología se eligieron las tres especies principales al ser *A. barrelieri* una planta relativamente escasa y que no se encontraba en floración en la época de estudio (Febrero y Marzo de 1983).

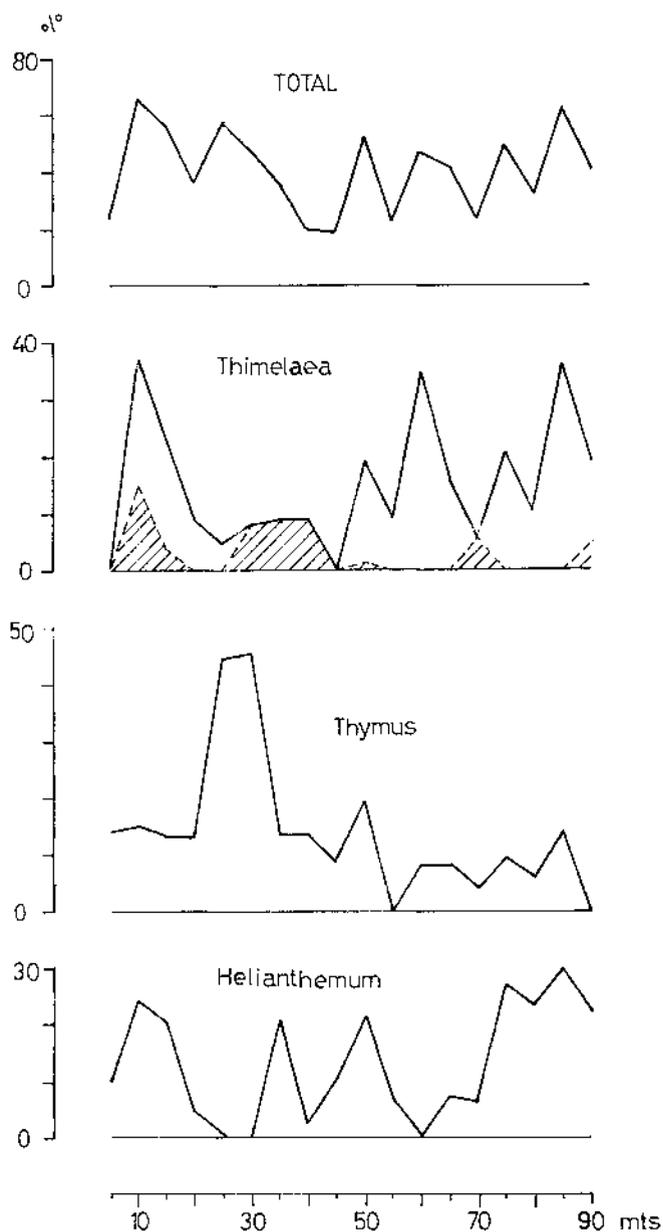


Figura 1.— Descripción de la parcela expresada en porcentajes de cobertura total y de las tres especies principales que la componen, definida a lo largo de un transecto lineal de 90 metros de longitud, considerando segmentos de cinco metros. Las áreas rayadas en *T. hirsuta* corresponden a la fracción de cobertura correspondiente a individuos vivos.

TABLA 1

Variación de los porcentajes de presencia de cada uno de los elementos florales básicos en las tres especies consideradas entre censos consecutivos. Se representan los valores de *t* (aproximación normal del test binomial) excepto en los casos que se utilizó la probabilidad exacta(*).

H. Almeriense

Censos/	C		Fl		Fr	
	t	P	t	P	t	P
1 - 2	—	—	—	—	—	—
2 - 3	0,17	NS	2,63	0,01	2,37	0,05
3 - 4	1,37	NS	3,51	0,01	1,21	NS
4 - 5	0,21	NS	2,63	0,01	0,91	NS
5 - 6	1,37	NS	2,43	0,05	0,24	NS
6 - 7	2,11	0,05	1,36	NS	2,46	0,05
7 - 8	2,77	0,01	0,47	NS	1,20	NS

T. hiemalis

Censos/	C		Fl		Fr	
	t	P	t	P	t	P
1 - 2	0,94	NS	0,89	NS	1,53	NS
2 - 3	1,53	NS	2,49	0,05	1,43	NS
3 - 4	1,73	NS	0,00	NS	2,43	0,05
4 - 5	3,37	0,01	1,25	NS	0,58	NS
5 - 6	0,55	NS	2,02	0,05	1,37	NS
6 - 7	5,20	0,01	2,92	0,01	0,84	NS
7 - 8	2,19	0,05	4,87	0,01	1,42	NS

T. hirsuta

Censos/	C		Fl		Fr	
	t	P	t	P	t	P
1 - 2	—	0,0046*	—	NS*	—	NS*
2 - 3	—	NS*	—	NS*	—	NS*
3 - 4	1,18	NS	2,78	0,01	1,67	NS
4 - 5	0,54	NS	3,18	0,01	0,45	NS
5 - 6	0,08	NS	0,72	NS	5,03	0,01
6 - 7	6,43	0,01	4,33	0,01	2,43	0,05
7 - 8	3,12	0,01	5,46	0,01	1,98	NS

ELECCION DEL ESTIMADOR Y DISEÑO DEL MUESTREO

Al objeto de establecer un indicador del estado fenológico de las poblaciones de plantas, se eligieron dos estimadores basados en la composición de los tres elementos florales básicos, capullos (C), flores (fl) y frutos (Fr): i) número exacto de C, Fl y Fr presentes en cinco centímetros terminales de rama en *T. hirsuta* y *T. hiemalis*, y en diez centímetros terminales en *H. almeriense*, especie que presenta un pequeño número de flores en relación al de los otros elementos florales. ii) porcentaje de presencia (*) de los diferentes elementos determinados en las mismas unidades de muestreo que en el caso anterior.

Previamente al diseño del muestreo se realizaron tanteos al objeto de elegir mediante comparaciones entre diferentes métodos, el más adecuado. En estos tanteos previos se comparó en base al conteo exacto de los elementos florales el efecto de la variación inter e intraindividual en el nivel fenológico, a fin de determinar la unidad muestral menos variable. Así, en el caso de *T. hiemalis*, se comparó el número medio de C, Fl y Fr en ramas procedentes de diferentes plantas (nivel individual) con los promedios obtenidos tomando al azar una muestra de ramas, con independencia del pie de planta del que procediesen (nivel de población); en ningún caso las diferencias encontradas resultaron significativas al aplicar el test de la t de Student. Sin embargo, al comparar las distribuciones de frecuencias de los tres elementos florales en conjunto, la diferencia entre ambos tipos de muestreo sí resultó significativa ($X^2 = 20,56$; $P < 0,01$; $v = 8$), y se eligió como unidad de muestreo la rama, al objeto de englobar la variabilidad intra e interindividual en un mismo estimador. En el caso de *T. hirsuta* y *T. hiemalis*, se comparó la composición floral estimada sobre el número total de elementos florales por unidad de muestreo (rama) con la estimada, considerando como unidad la inflorescencia; la diferencia resultó altamente significativa ($X^2 = 74,49$; $P < 0,001$; $v = 3$) y se consideró como unidad floral la inflorescencia por ser menos variable la estimación.

TABLA II

*Variación en la composición relativa de los tres elementos florales entre censos consecutivos (prueba del X^2); *P<0,05; **P<0,001; ***P<0,001)*

H. almeriense

Censos/	X^2	v	P
1 - 2	—	—	—
2 - 3	5,00	2	0,1
3 - 4	18,92	2	0,001***
4 - 5	3,21	2	0,2
5 - 6	2,29	2	0,3
6 - 7	1,84	2	0,01**
7 - 8	3,12	1	0,1
Global	130,52	14	0,001***

T. hiemalis

1 - 2	0,12	2	0,7
2 - 3	0,33	2	0,99
3 - 4	0,79	2	0,95
4 - 5	1,81	2	0,5
5 - 6	0,43	2	0,95
6 - 7	14,80	2	0,001***
7 - 8	19,92	1	0,001***
Global	88,86	12	0,001***

T. hirsuta

1 - 2	0,35	2	0,9
2 - 3	0,3	2	0,98
3 - 4	1,15	2	0,5
4 - 5	5,26	2	0,1
5 - 6	7,85	2	0,02*
6 - 7	21,11	2	0,001***
7 - 8	35,30	2	0,001***
Global	199,37	14	0,001***

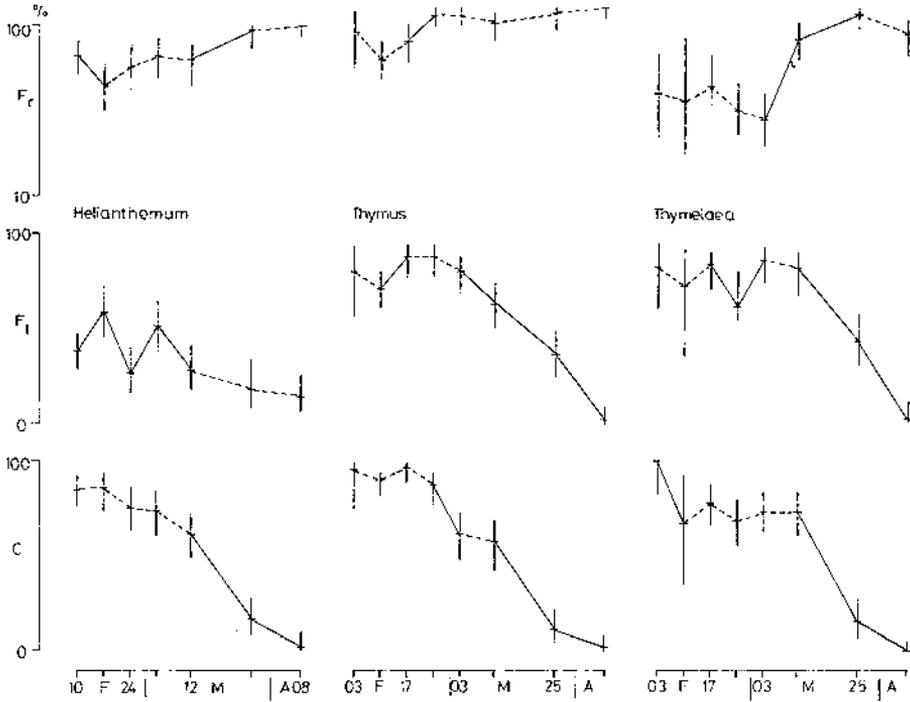


Figura 2.— Porcentajes de presencia de los elementos florales básicos, Capullos (C), Flores (Fl) y Frutos (Fr) para cada una de las especies consideradas. Las líneas verticales representan el intervalo de confianza al 95% de estos porcentajes. Las líneas de trazo continuo que unen los porcentajes indican que las diferencias entre éstos son significativas al 95%; las líneas a trazos, que las diferencias entre porcentajes no son significativas.

Al objeto de comprobar si el método detectaba diferencias entre el transecto establecido y la parcela general se comparó la composición floral entre ambas. Las diferencias no resultaron significativas para todos los elementos florales de las tres plantas, excepto para las flores de *H. almeriense* ($D = 0,53$; $P < 0,001$; test de Kolmogorov-Smirnov, Siegel, 1956) aunque la diferencia en las distribuciones de frecuencias de los tres elementos florales en esta última especie resultó no ser estadísticamente significativa al aplicarle un test de X^2 .

Finalmente se comparó el efecto de determinar el nivel fenológico con cada uno de los estimadores considerados, números exactos de una parte (i) y porcentajes de presencia (ii) de otra. En todos los casos la correlación entre ambos tipos de datos resultó significativa al 99% (medida con el coeficiente de correlación de rangos de Spearman, Siegel, op. cit). Al comparar las distribuciones de frecuencias, de nuevo resultaron no ser significativas las diferencias en todos los casos,

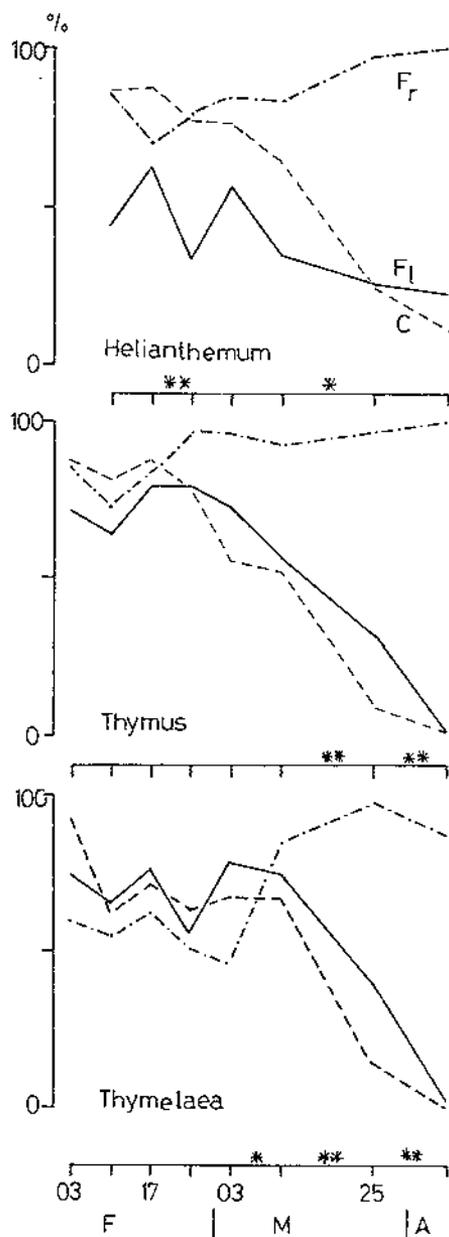


Figura 3.— Cambios en el tiempo de las frecuencias relativas de los elementos florales básicos. El nivel de significación de los cambios detectados entre censos consecutivos se representan con (*) para $P < 0.05$ y con (**) para $P < 0.01$.

excepto para las flores de *H. almeriense* ($X^2 = 15,3$; $P < 0,001$; $V = 2$). A la vista de los resultados obtenidos en las pruebas anteriores, se eligió como estimador del nivel fenológico el porcentaje de presencia de cada uno de los elementos florales básicos y la relación de frecuencias relativas de los tres elementos en conjunto.

Para la rutina de muestreo se seleccionó como unidad muestral una longitud determinada de rama terminal, cinco cm en la *T. hirsuta* y *T. hiemalis* y diez cm en *H. almeriense*. En general, el tamaño de rama terminal a elegir variará en cada caso con la especie considerada, siendo tanto mayor cuanto menor sea (a) el número de elementos florales por rama, o bien (b) la proporción de alguno de los elementos florales en relación al de los otros dos (caso de *H. almeriense*), pues ambos factores influyen en el análisis estadístico de los resultados. Al objeto de registrar la variabilidad del nivel de actividad de la población, se estableció un muestreo basado en el control de diez puntos situados a lo largo del transecto y determinados previamente a cada censo mediante una tabla de números al azar. En cada lugar así determinado se seleccionaron las dos plantas de cada especie más próximas al punto elegido excepto en *T. hirsuta* (sólo una pequeña parte de la población, el 2,79% expresado en valores de cobertura correspondía a individuos vivos, ver figura 1), donde se seleccionó un total de 20 plantas situadas tanto dentro como fuera del transecto, al no existir diferencias en la estimación entre ambos lugares y a fin de conseguir una muestra de tamaño adecuado para el análisis estadístico de los resultados. En cada una de las plantas así seleccionadas se eligieron tres ramas terminales: la más alta, la más a la derecha y la más a la izquierda en relación al recorrido del transecto. Esta rutina de muestreo se aplicó de idéntico modo durante un período de dos meses a intervalos que oscilaron entre 7 y 13 días (media de 9,4 días) hasta un total de ocho censos al objeto de analizar las variaciones en dicho período. En la figura 2 hemos representado el porcentaje de presencia y su intervalo de confianza al 95% para cada uno de los elementos florales de las tres especies. La significación de las diferencias observadas entre censos consecutivos se valoró mediante la aproximación normal del test binomial (Siegel, 1956) y los resultados obtenidos en la comparación de los porcentajes aparecen en la tabla I. La variación entre censos de la composición relativa de los elementos florales se valoró mediante pruebas de X^2 entre censos consecutivos y a nivel global; los resultados aparecen en la tabla II y figura 3. En las figuras 2 y 3 hemos representado la variación de la fenología floral, tal como aquí se la define, de las especies más abundantes del transecto. De la observación de estas gráficas se desprende que el período considerado corresponde a la fase final de la floración. Las tres especies aparentan estar muy sincronizadas en el tiempo, siendo *H. almeriense* la de floración más larga (hay asimismo evidencias circunstanciales de que existen plantas de esta especie floreciendo desde el mes de Noviembre), en tanto que en las otras dos especies, al final de la época de estudio, más del 95% de los elementos florales eran ya frutos. La vista de los resultados

parece indicar que la floración se realiza por pulsos, especialmente en *H. almeriense* y *T. hirsuta*.

El método de estimación del nivel fenológico descrito está basado en la valoración de los diferentes elementos florales aplicada a un diseño de muestreo en el espacio que considera tanto la variación global de las poblaciones como la variación individual y que permite valorar estadísticamente la significación de los cambios detectados. Se ha establecido una rutina de muestreo de fácil aplicación que se ha intentado lo más objetiva posible. La aplicación de un diseño de muestreo en el tiempo a intervalos regulares y extendido a ciclos de mayor duración que el aquí considerado permitiría un análisis de series en el tiempo, por ejemplo el análisis espectral (Platt y Denman, 1975), al objeto de detectar la existencia de ciclos de actividad fenológica y la sincronización existente entre los diferentes elementos del sistema.



AGRADECIMIENTO: Deseamos agradecer a Inés Elizondo Arzak la colaboración prestada en la elaboración de las figuras.

BIBLIOGRAFIA

AYYAD, M. A. (1980). *Regional environmental management of mediterranean desert ecosystems of northern Egypt*. Vol 1. Producers. Academy of Scientific Research and Technology. Egypt.

BEATLEY, J. C. (1974). Phenological events and their environmental triggers in Movave desert ecosystems. *Ecology*, 55: 856-863.

CAPEL, J. J. (1977). *El clima de la provincia de Almería*. Publicaciones Caja de Ahorros. Almería. 127 pp.

MOONEY, H. A. y J. KUMMEROV (1981). Phenological development of plants in mediterranean climate regions. In: *Ecosystems of the world: mediterranean-type shrubland ecosystems of the world.*, pp. 303-307. Di Castri, F., D.W. Goodall y R. L. Spetch, eds. Elsevier. Amsterdam.

PLATT, T., y K.L. DENMAN (1975). Spectral analysis in ecology. *An. Rev. Ecol. Syst.* 6: 189-210.

SIEGEL, S. (1956). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. Mc Graw-Hill. New York.

WEST, N. E. (ed.) (1983). *Ecosystems of the world: temperate deserts and semi-deserts*. Elsevier. Amstardam.