



LAS MATEMÁTICAS EN LA ECOLOGÍA: DOS CASOS DE ESTUDIO

Elena Solana Arellano, Departamento de Ecología Marina, CICESE, Ensenada, B. C.,
esolana@cicese.mx

El estudio de los organismos vivos y su relación con su entorno, se ha conducido desde diferentes áreas de conocimiento, en particular en el área biológica, este estudio implica a todos los niveles de organización de la materia viva, desde las proteínas y ácidos nucleicos (Bioquímica), células (Biología Celular), tejidos (Histología), orgánico (Anatomía) e individuos (microbiología, botánica, zoología, fisiología y otras ramas especializadas), así como a nivel Ecológico, que es el estudio de las poblaciones, comunidades, ecosistemas y la biosfera y la relación entre cada nivel organizacional. Por lo anterior, la ecología es una ciencia multidisciplinaria que requiere del empleo de herramientas de otras ramas de la ciencia, por ejemplo, Geología, Meteorología, Geografía, Física, Química y Matemática. Los trabajos de investigación en ecología, se diferencian con respecto a la mayoría de los trabajos en otras ramas de la Biología por su mayor uso de herramientas matemáticas, como la estadística y los modelos matemáticos. Entonces, la Ecología Matemática se dedica a la aplicación de los teoremas y métodos matemáticos a los problemas de la relación de los seres vivos con su medio. Esta disciplina provee la base formal para la explicación de gran parte de la Ecología Teórica integrando de numerosas disciplinas procedentes de los ecosistemas con propósitos de descripción, regulación, predicción y finalmente conservación.

Caso 1: La razón de sexos en un parámetro fundamental en demografía animal, Para determinar este parámetro en tortuga verde *Chelonia mydas* en individuos de cualquier estadio ontogénico, es necesario determinar el sexo de manera inequívoca. Por lo anterior, en Bahía de los Ángeles B.C., de 1995–2012, se han colectado datos morfométricos de 529 especímenes y se les asignó un sexo utilizando el método tradicional de medidas de largo recto de caparón (LRC) y largo total de cola (LTC). Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con las medidas morfométricas como variables, con el propósito de encontrar las variables que separen sexos y estadios ontogénicos. El factor principal, fue definido por: largo recto de caparón (LRC), largo curvo de caparón (LCC), largo del plastrón (LP) y profundidad del caparazón (PC), mientras que el segundo factor más importante fue representado por largo total de cola (LTC). Con las variables obtenidas en el ACP se ajustaron modelos alométricos de la forma $Y = \alpha X^\beta$. El modelo $LP = \alpha PC^\beta$ separó de manera clara adultos de inmaduros. Para Adultos el mejor modelo que separó hembras de machos fue $LTC = \alpha LRC^\beta$. Con estos modelos fue posible encontrar valores de referencia para machos y hembras de cualquier estadio ontogénico utilizando las medidas morfométricas. Específicamente, hembras adultas tienen un LRC entre 66 – 96.7 cm y un LTC de 16.3 – 25 cm. Mientras que un macho adulto tiene LRC de 66.4 – 112.5 y LTC > 25 cm. Más aun, con matemáticas elementales, se pudo determinar el sexo de organismos inmaduros de manera no invasiva, los cuales tienen un $LRC < 77.3$ cm, y una hembra potencial tiene un LTC del de 7.04 – 17.8 cm, y un macho potencial tiene un LTC > 17.8 cm.

Caso 2: El intervalo de tiempo entre la aparición de dos hojas consecutivas en un tallo de *Zostera marina* es conocido como intervalo de plastocrono (IP) y representa un parámetro importante el cual provee de información sustancial sobre la dinámica de la planta. Los métodos que utilizan plastocronos se emplean para medir crecimiento en muchas especies de pastos marinos. Además, evaluaciones de IP son aplicadas para determinar la edad de un tallo siendo el IP un parámetro extremadamente importante en la ecología de pastos marinos de tal manera que se puede considerar que el crecimiento clonal de estos pastos es controlada por el IP. Como plantas de aguas costeras, los factores que afectan el crecimiento de pastos marinos son temperatura, luminosidad, concentración de CO₂, nutrientes y sustrato adecuado, todos estos afectados por el



proceso de cambio climático. Por lo tanto, el efecto del cambio climático en IP debe ser estudiado con propósitos de conservación y/o bioremediación del ecosistema. Con una serie de datos quincenales (317) representando 20 años (1998-2018) en una pradera de *Z. marina*, localizada en el estero de Punta Banda Baja California, México. Se realizó un análisis de series de tiempo para encontrar la tendencia, la estacionalidad y variabilidad interanual del IP. Encontramos que la variabilidad interanual está altamente asociada al eventos ONI, además, la variabilidad estacional fue modificada por este mismo tipo de eventos. Aplicando un ANOVA Bayesiano se demostró con una alta probabilidad ($FB=1.7e^{37}$ y $\text{error}=0.003$) que existen diferencias entre las medias anuales de IP. Similarmente, una regresión lineal Bayesiana mostró un decaimiento de esta variable a través del tiempo (tendencia negativa para la pendiente). Además, se encontró que, a medida que la aparición de hojas sucesivas disminuye, los tallos tienden a ser más pequeños. Son necesarios estudios fisiológicos y ecológicos que analicen si estos tallos pequeños pueden realizar las mismas funciones ecológicas que los tallos de mayor tamaño.