

Visualizando en el campo la distribución libre ideal de los individuos

Juan Francisco Meraz Hernando *

El problema básico en ecología consiste en determinar las causas de la distribución y abundancia de los organismos (Krebs, 1978). En este sentido es relevante identificar la manera en que se ocupan los espacios de alimentación, ya sea para la optimización en la búsqueda o por el simple hecho de buscar un lugar donde el alimento es fácil de obtener (Goodenough, *et al.* 1993). Teóricamente, si dos especies están muy relacionadas en sus requerimientos, alguna tendrá métodos más eficientes en el uso de los recursos (Willard, 1977) y ello puede verse también al interior de las poblaciones donde existirán individuos con mayor capacidad, o jerarquía, lo que habrá de proporcionarles mejores oportunidades para obtener alimento.

El sitio ideal será el que tenga una elevada tasa de ganancia y un bajo riesgo de depredación (Moody, *et al.* 1996) principalmente porque ofrece mayores probabilidades de alimentarse. No obstante lo anterior, la saturación del área más productiva confiere perjuicios para los individuos, quienes siempre podrán trasladarse a lugares con menos recursos pero mayores probabilidades de alimentarse. Esto es muy fácil de visualizar desde la perspectiva de quien hace cola en el supermercado. Si una cajera es muy rápida y pasa a muchos compradores, digamos a razón de uno por minuto, será la mejor elección si su compañera lo hace a una velocidad de uno por cada tres minutos. Sin embargo dejará de ser la mejor opción, a pesar de su velocidad, si tiene esperando a seis clientes más que su compañera. En este último caso será la cajera lenta la mejor opción.

* Profesor-investigador, Instituto de Recursos. Universidad del Mar.

De igual manera, se considera que los individuos tienden a distribuirse de manera libre. A este respecto el modelo de Fretwell y Lucas asume (i) que los depredadores están en libertad de situarse en cualquier parche, (ii) donde el tiempo de viaje entre parches es igual a cero, (iii) los depredadores son omnipresentes (*i. e.* pueden estar en cualquier lugar), y (iv) las densidades de los recursos en los parches se mantienen constantes a través del tiempo (Kacelnik *et al.* 1992; Krivian, 1997). Ello implica que en el equilibrio los depredadores en todos los parches experimentan la misma tasa de ingestión, aunque el número de ellos en todos los parches no es fijo (Krivian, 1997). Por otra parte, la formulación de un modelo plausible de costos y beneficios, considera que la proporción de competidores en parches pobres aumenta con el incremento de la densidad poblacional (Sutherland, 1983).

Ante lo expuesto podemos ver que la distribución de los depredadores, sobre un lugar con alimento espacialmente variable, puede analizarse contrastando dos respuestas adaptativas: el alimento es más fácil de encontrar en sitios con densidades altas de presas, donde los depredadores debieran gastar más tiempo; y la interferencia será mayor en zonas con densidades altas de depredadores, lo cual hace que traten de evadirla moviéndose de allí (Sutherland, 1983).

La teoría de la distribución libre ideal provee las bases para explicar la distribución animal en términos de las decisiones individuales (Tregenza, *et al.* 1996); describiendo la distribución en el sentido "ideal" al considerar que todos los individuos son iguales en las habilidades competitivas, y "libre" en el sentido de que son capaces de estar en cualquier parche sin restricciones en los costos (Tregenza *et al.*).

Si la DLI es obedecida, todos los depredadores debieran contribuirse de tal forma que la influencia en la abundancia del alimento, y la interferencia, tengan la misma tasa de ingestión. Si la disponibilidad de alimento aumenta, para un sitio,

entonces la teoría predice que los depredadores deben moverse hacia ese lugar hasta que el incremento resultante en la interferencia remueva la discrepancia y la tasa de alimentación sea uniforme (Sutherland, 1983).

El modelo de DLI clásico implica las siguientes consideraciones : (i) los recursos se distribuyen en parches ; (ii) los competidores son iguales en todos los aspectos ; (iii) la ubicación es secuencial, con cada competidor seleccionando el parche con mayor tasa de ingestión, o moviéndose con libertad entre parches; (iv) los competidores son omnívoros (*i. e.* saben cuánto alimento hay en cada parche); (v) la densidad de recursos se mantiene constante en el tiempo; y (vi) la tasa de ingestión se incrementa con la densidad de recursos en un parche y disminuye con el número de competidores en un tiempo dado (Kacelnik, *et al.* 1992). Esto implica que la tasa de ingestión, dentro de un parche, es una función de la densidad de los recursos para los competidores presentes.

Los modelos de forrajeo con DLI expresan predicciones hipotéticas acerca de cómo los animales afectarán la elección de otros sobre el parche de recursos, de aquí que sean importantes los modelos que incorporan habilidades competitivas desiguales (Tregenza, *et al.* 1996). El modelo de Sutherland (1983), al incorporar denso-dependencia, predice que con interferencia constante la relación entre el número de depredadores y el número de presas es lineal.

Las interacciones predatorias entre las aves ictiófagas y sus presas ponen de manifiesto el papel de las restricciones ambientales sobre los mecanismos perceptivos de ambas (presas y predadores), así como la comunicación interespecífica (Katzir, 1997), debido a la interfase agua-aire y a la turbidez del agua. Un ejemplo de este tipo de especies es la garza blanca *Egretta thula*, que tiene a los peces como principal alimento (Ornelas *et al.* Citado en Arizmendi, *et al.* 1990) los cuales pesca tras prolongadas esperas sin moverse.

Ubicándonos en la costa jalisciense, en la Bahía de Chamela, se encuentra una pequeña porción lagunar denominada Las Salinas. Aquí se

forman un reducido, pero intrincado, grupo de lagunas cercanas al mar con la presencia de abundante mangle. Ahí se pueden observar numerosas especies de aves acuáticas, ictiófagas y veadoras como los sarapitos, los ibis, las espátulas y los cormoranes. De estas especies, se escogió a la garza blanca (o garza nivea) a fin de poder evidenciar DLI. Para ello, se identificaron tres sitios principales en la zona, las partes someras correspondientes al margen, las partes profundas por donde corre el flujo principal de agua y las partes del manglar cubiertas por el dosel y cercadas por las raíces. Esta división arbitraria se hizo al notarse una gran disparidad en el número de aves presentes en cada una de estas partes. Se hicieron recorridos identificando individuos focales a los que se les contó el número de intentos de pesca hasta obtener éxito. Durante los recorridos, se observaron todos los individuos presentes en las tres divisiones, a lo largo de un día (horas luz). De los datos obtenidos se calculó el éxito promedio alimenticio (No. de ítems obtenidos / No. de intentos), considerando que estas aves manipulan el alimento a la vez que levantan el pico a fin de poder deglutir, lo cual ayudó a determinar el éxito. Este simple ejercicio se llevó al cabo a lo largo de un día claro y soleado. De manera descriptiva se pudo concluir que las mayores densidades se dieron en las partes someras, donde el alimento es más fácil de observar, al tiempo que el mayor número de intentos se dieron en la zona de manglar. Por otra parte el éxito promedio fue mayor entre las 12:00 y 14:00 cuando la iluminación es mayor. Mediante la elaboración de una sencilla tabla de contingencia, con el número de éxitos y la hora del día, se obtuvo que la $X_{cal} > X_{tab}$ por lo que se asume que existe diferencia entre lo observado y lo esperado. Esto indica que los criterios de clasificación son dependientes entre sí porque los datos observados no corresponden a los que se podrían dar por mero azar. Con esto se determina que el éxito es diferencial, entre los individuos, a lo largo del día (mientras existen éxitos diferentes dentro de la misma hora).

Se realizaron regresiones entre el éxito promedio por individuo vs la densidad ; la cual se estandarizó al medirse en términos de No. de individuos / 1000 m²; obteniéndose valores de $r^2 =$

9.7 para la zona profunda, 10.3 para las partes someras, 8.2 para el manglar y 6.7 para el total de los casos. Estas tasas, o coeficientes de determinación (Sokal y Rohlf, 1995, Biometry) indican que para las partes someras se explica la mayor variación en la densidad por medio de la variación del éxito promedio por individuo. Sin embargo, para todos los casos, la variación es muy pequeña (para estudios etológicos una $r^2 = 10\%$ es buena, Cordero coms. pers.). Estas correlaciones establecen que el grado de relación entre las dos variables aleatorias es muy bajo por lo que el éxito no depende significativamente de la densidad ($F = 0.64$ para partes profundas, $F = 0.67$ para partes someras, $F = 0.53$ para el manglar y $F = 1.58$ para el total de los datos). Para el caso de la última regresión, la relación es negativa ($T = -1.25$) por lo que el éxito es mayor a densidades bajas.

La conclusión evidente de este sencillo ejercicio radica en el hecho de que las líneas de regresión son prácticamente paralelas al eje de las X. Esto indica que, aún a diferentes densidades, el éxito promedio por individuo es igual (o muy parecido).

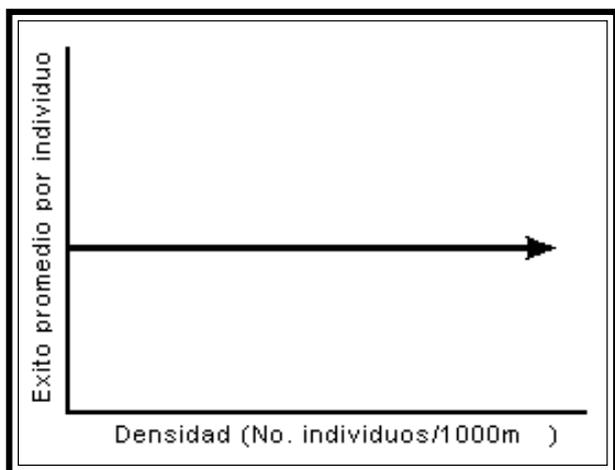
Esto permite visualizar cómo opera la distribución libre ideal. En este sentido, un lugar es bueno para pescar hasta que existen demasiadas aves pescando, lo que provoca que se den movimientos entre parches y se favorezcan semejantes probabilidades de éxito en todos los sitios. De no ocurrir este tipo de distribución esperaríamos mayores densidades donde hay mayores éxitos,

obligando a los individuos a permanecer juntos en el mismo lugar.

Con base en lo anterior, y considerando un modelo que libre distribución, un animal es capaz de moverse hacia donde su adecuación es mayor (Lomnicki, 1988). Si la densidad en el mejor hábitat se incrementa, la adecuación media de un individuo disminuye hasta el punto en que se equipara con la de algún otro individuo en un hábitat inferior, pero menos poblado. Por consiguiente, si se mueve al hábitat en el cual su adecuación es mayor, y con menos individuos, dicho movimiento mantiene las densidades en ambos lugares al nivel al cual la adecuación promedio es igual. Un punto muy importante, que ya se ha evidenciado aquí, radica en que la DLI predice que de haber dos individuos, de la misma especie, en lugares diferentes su éxito promedio para alimentarse es igual (de manera semejante sucedería con su adecuación), por efecto en la diferencia en las densidades.

Para el caso del presente estudio se puede concluir que las garzas blancas se distribuyen, con fines alimenticios, de manera libremente ideal y no por mero azar. Ello puede visualizarse claramente en la figura presentada aquí.

El presente trabajo fue desarrollado durante el curso de campo del posgrado en Ecología, de el Instituto de Ecología UNAM. Se agradecen los comentarios del Dr. César Domínguez (Instituto de Ecología) y el Dr William Eberhard (Smithsonian Institution), así como al CONACyT por una beca crédito.



Bibliografía

Arizmendi M., H. Berlanga, L Márquez-Valdemar, L. Navarajo y F. Ornelas, 1990. *Avifauna de la región de Chamela*. Cuadernos 4. Instituto de Biología, UNAM, México.

Goodenough J., B. McGuire, and R. Wallace, 1993. *Perspectives on Animal Behavior*. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Kacelnik A., J. Krebs, and C. Bernstein, 1992. The ideal free distributions and predator-prey populations. *Trends in Ecology and Evolution* 7(2):50-54.

Katzir G., 1997. Birds vs fish: environmental constraints on perception and information exchange. *Advances in Ethology* 32. Contributions to the XXV International Ethological Conference, Blakwell Wissenschafts. Verlag 33s:24 Vienna.

Krebs Ch., 1978. *Ecology*. Harper International Edition, New York.

Krivian V., 1977. Dynamic ideal free distribution: effects on optimal patch choice on predator-prey dynamics. *The American Naturalist* 149(1):164-177.

Lomnicki A., 1988. *Population Ecology of Individuals*. Princeton University Press, Princeton.

Moody A., A. Houston, and J. McNamara, 1996. Ideal free distributions under predation risk. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 38:131-143.

Sokal R., and F. Rohlf, 1995. *Biometry*. 3rd de. W.H. Freeman and Company, New York.

Sutherland W., 1983. Aggregation and the ideal free distribution. *Journal of Animal Ecology* 52:821-828.

Tregenza T., G. Parker, and D. Thompson, 1996. Interference and the ideal free distribution: models and tests. *Behavioral Ecology* 7(4):379-386.

Willard D., 1977. The feeding ecology and behavior of five species of herons in southeastern New Jersey. *The Condor* 79:462-470.

Abundancia anual de *Gymnodinium catenatum* Graham dinoflagelado tóxico de la costa Este del Golfo de California.

Roberto Cortés-Altamirano *
A. Nuñez-Pasten*
N. Pasten-Miranda **

Gymnodinium catenatum Graham 1943, es el único dinoflagelado desnudo que produce toxina del tipo PSP (paralytic shellfish poisons), se distingue de otros por su hábito de producir cadenas de individuos, generalmente de 4, 8 y 16 células y en ocasiones de 64 células (Taylor, Fukuyo y Larsen, 1995). En México, ha sido responsable de formar mareas rojas tóxicas durante 10 ocasiones en la bahía de Mazatlán (Cortés-Altamirano, 1998a) en algunas con mortalidades de peces y fallecimientos de humanos (Mee *et al*, 1986; Cortés-Altamirano y Alonso-Rodríguez, 1997). Aunque se conoce bien a la especie por su ciclo de vida hologámica y heterotálica, reproducida en cultivos y descrito por Blackburn *et al*. (1989), aún se desconoce la variación de su abundancia natural a lo largo del año. Este estudio se aboca a resolver este problema presentando cuatro ciclos en dos localidades geográficas de la costa pacífica mexicana, en la Bahía de Mazatlán durante los años de 1980, 81 y 97 y uno en puerto Libertad, Sonora en 1981, tres de estos ciclos anuales, son históricos y uno más reciente con la finalidad de encontrar cambios sustanciales. Teniendo como hipótesis que la abundancia de *G. catenatum* ha aumentado en años recientes y esto representa un riesgo potencial de intoxicaciones para peces y humanos.

Materiales y Métodos

El área de estudio corresponde a la bahía de puerto Libertad, Sonora, ubicada entre las coordenadas geográficas 29°52'30" y 29° 55' de latitud norte y 112° 40' y 112° 43' de longitud oeste. El clima de la región según García (1973) es del tipo BW (h') (hw'') (x') (e'), es decir, un clima ári-

* Estación Mazatlán, ICMYL-UNAM, Sinaloa, México.

** Unidad Experimental Bahía Kino, DICTUS, Universidad de Sonora, Bahía Kino, Sonora.