

CAPÍTULO 9

PRINCIPIOS DE ECOLOGÍA DE POBLACIONES

María Fernanda Paleologos y Santiago J. Sarandón

Introducción

El desafío que representa la evaluación, el diseño y el manejo sustentable de los agroecosistemas requiere un nuevo enfoque, como el que propone la Agroecología (ver Capítulo 2). Es necesario cambiar la visión atomista y reduccionista por una holística y sistémica (ver Capítulo 4) e incorporar varios conocimientos de otras ciencias afines, que nos ayuden a entender el funcionamiento de los agroecosistemas.

Uno de estos conocimientos es la ecología de poblaciones que, tal como sucedió con otros temas como la sucesión ecológica, la evolución, la biodiversidad, han sido conocimientos desarrollados, y hasta ahora abordados generalmente por las ciencias naturales. Sin embargo, resultan de una gran utilidad para el diseño, manejo y evaluación de agroecosistemas sustentables.

Como hemos visto, un agroecosistema no es más que un ecosistema modificado para producir ciertos bienes y servicios de interés económico, que de otro modo no produciría. Como todo sistema, tiene sus límites y sus componentes y las interacciones entre éstos. Son los componentes y estas interacciones los que determinan el funcionamiento de estos agroecosistemas; sus entradas y salidas, sean deseadas o no. Gran parte de los componentes son poblaciones: las especies vegetales silvestres y las cultivadas, los animales, los artrópodos, la macrofauna, etc.

Un agroecosistema puede ser visto como un conjunto de poblaciones (especies) domesticadas que interactúan con poblaciones silvestres. Un manejo sustentable consiste en minimizar las interacciones negativas y favorecer las positivas, de manera de optimizar los flujos positivos y eliminar o disminuir los flujos negativos.

El objetivo de este Capítulo es analizar el aporte que la ecología de poblaciones puede hacer para un manejo sustentable de los agroecosistemas.

Los niveles de organización

Los ecosistemas son sistemas complejos integrados por diferentes niveles de organización que, ordenados de forma creciente de complejidad, corresponden a:

organismo – población (especie) - comunidad - ecosistema - bioma – biosfera

Organismo: Ser único e indivisible con vida propia. Es decir un organismo (unicelular o pluricelular) capaz de sobrevivir por si mismo en un ambiente determinado. Por ejemplo, en un agroecosistema, un organismo, un individuo, es una planta de trigo, una planta de tomate, una oveja, una vaca, un pulgón o una araña. Nuestros agroecosistemas están repletos de estos organismos, pero, en general, no están en forma aislada, sino formando un conjunto.

Especie: conjunto de individuos con características similares, capaces de reproducirse entre sí, dejando descendencia fértil. Hay casos en que dos individuos de diferentes especies pueden reproducirse, pero sus descendientes no son fértiles: el maíz, el trigo, la papa, el cerdo, son especies domesticadas que nosotros elegimos para colocar en nuestros agroecosistemas. Además de éstas, hay muchas especies silvestres que interactúan con las cultivadas.

Población: Conjunto de individuos de la misma especie que viven en un mismo hábitat y tiempo, y que comparten ciertas propiedades biológicas, las que resultan en una afinidad reproductiva y ecológica del grupo. La afinidad ecológica se refiere a la presencia de interacciones entre ellos, resultantes de poseer requerimientos similares para la supervivencia y la reproducción, al ocupar un espacio generalmente heterogéneo en cuanto a la disponibilidad de recursos (Morlans, 2004). Los individuos de una población comparten la misma influencia de los factores físicos y biológicos ambientales. Generalmente, hemos abordado el estudio y manejo de los agroecosistemas como si estuvieran compuestos por organismos y no por poblaciones. Por ejemplo, nos

referimos al “problema del pulgón verde en trigo” cuando, en realidad, deberíamos hablar del crecimiento de la población de pulgones en la población de trigo. No es un problema semántico, sólo de lenguaje, sino que las poblaciones tienen características, y se comportan de manera diferente a los individuos y tienen propiedades que éstos no poseen, por ejemplo, variabilidad genética. Entender esto, nos evitaría muchos de los problemas que hoy tenemos en el manejo de agroecosistemas.

Pero las poblaciones no viven solas, viven junto con otras poblaciones, en una comunidad.

Comunidad: Conjunto de poblaciones que conviven en un mismo hábitat y en un tiempo dado. Por ejemplo, hablamos de población de sorgo de Alepo, pero de una comunidad de malezas.

Ecosistema: Conjunto de comunidades que conviven en un mismo hábitat y tiempo dado. Un sistema agropecuario, es un ecosistema.

Bioma: Es un conjunto de ecosistemas con algunas características similares referentes al clima y a la vegetación uniforme. En otras palabras, un bioma es una unidad de gran extensión que abarca muchos ecosistemas que se desarrollan bajo un mismo clima, y que puede identificarse por su vegetación uniforme. Debe tenerse en cuenta que un determinado clima se acompaña de una vegetación característica. Por ejemplo, hablamos del pastizal, del monte, la estepa, entre otros. La determinación del bioma donde se encuentra nuestro agroecosistema resulta fundamental para entender los límites biofísicos del mismo y las características que debemos buscar en el diseño de nuestro agroecosistema para lograr optimizar algunos procesos ecológicos y minimizar la necesidad de uso de insumos (ver Capítulo 6).

Biósfera: Conjunto de biomas en un tiempo dado.

Propiedades de las poblaciones

Cada nivel de organización posee propiedades particulares y exclusivas (que no comparte con los otros niveles). No obstante, las propiedades de un determinado nivel de organización se relacionan siempre, de alguna manera, con las propiedades de los niveles restantes, de modo tal que cada nuevo descubrimiento en uno de ellos contribuye a mejorar el conocimiento de los demás.

La dinámica de una población es importantísima en los agroecosistemas: Se refiere a su desarrollo en el tiempo y el espacio, y está determinada por diversos factores. Las propiedades biológicas (preferencias de hábitat, modo de reproducción, aprovechamiento de los recursos, etc.) en correlación con las particularidades del medio donde la población reside (factores extrínsecos) son en gran medida las responsables de las características de una población, es decir, representan las causas más importantes de sus variaciones en el espacio y en el tiempo. La dinámica de una población hace referencia, por ejemplo, a la velocidad con que una plaga se desarrolla sobre nuestro cultivo y por esta razón nos preocupa. Entender como funciona una población es de gran ayuda para desarrollar las estrategias correctas para su manejo.

Características de las poblaciones

Una población se caracteriza por sus propiedades estructurales y dinámicas (Tabla 9.1). Ambas definen a una población, pero las dinámicas están determinadas por las características estructurales. Esto tiene mucha importancia a la hora de tomar decisiones de manejo, por ejemplo, sobre un aparente problema con una población plaga, de malezas o insectos, cuya peligrosidad depende de sus características.

Las propiedades biológicas y las particularidades del medio donde la población reside determinan las características estructurales y dinámicas de una población y, por ende, sus variaciones en el espacio y en el tiempo.

Estructurales	Tamaño	Abundancia (N° de individuos)
		Densidad (N° de ind./Área)
	Proporción de edades	
	Proporción de sexos	
	Distribución espacial	Uniforme
		Al azar
Agregada		
Dinámicas	Tasa de natalidad	
	Tasa de mortalidad	
	Dispersión	Inmigración
		Emigración
	Curvas de crecimiento	Exponencial (Densoindependiente)
		Sigmoido (Densodependiente)

Tabla 9.1: *Propiedades estructurales y dinámicas de las poblaciones. Modificado de Morlans (2004)*

Propiedades Estructurales

Tamaño, edad y sexo. Pirámide poblacional

Tamaño de la población: El tamaño de la población puede definirse por su abundancia y/o por su densidad. La abundancia corresponde al número total de individuos de la población y la densidad se refiere al número de individuos de la población/ unidad de área (superficie o volumen). La densidad resulta útil para la comparación de poblaciones. Muchas veces, la peligrosidad o daño de una plaga (población silvestre que interactúa con nuestro cultivo) depende de su densidad: por ejemplo, número de pulgones por hoja, número de arañuelas por folíolo, número de chinches por metro lineal. Es la densidad la que nos preocupa, la que afecta el rendimiento de los cultivos.

Proporción de edades: se refiere a la cantidad (en número o peso) de individuos de cada edad o intervalo de edad. La estructura de edades se hace más evidente en aquellas poblaciones en las que cada generación convive con la próxima generación.

Proporción de sexos: número o proporción de individuos de uno y otro sexo en la población.

La proporción de edades y de sexos en una población son las características demográficas más importantes para inferir las expectativas futuras de la misma. El tamaño de una población y sus cambios en el tiempo, dependen, en gran parte, del equilibrio entre los dos sexos y de la edad de sus componentes, lo que se explica porque la mortalidad y la fecundidad, elementos determinantes de esa evolución, están condicionadas a su vez por el sexo y la edad. Esto resulta muy importante a la hora de decidir o tomar alguna medida de control, por ejemplo contra una plaga. No es lo mismo la peligrosidad de ésta, si es una población joven en activo crecimiento, que una población envejecida, en decadencia.

La representación gráfica de la población donde se combinan abundancia, sexo y edad se denomina pirámide poblacional (Morlans, 2004). Básicamente existen tres tipos de pirámides (Figura 9.1.):

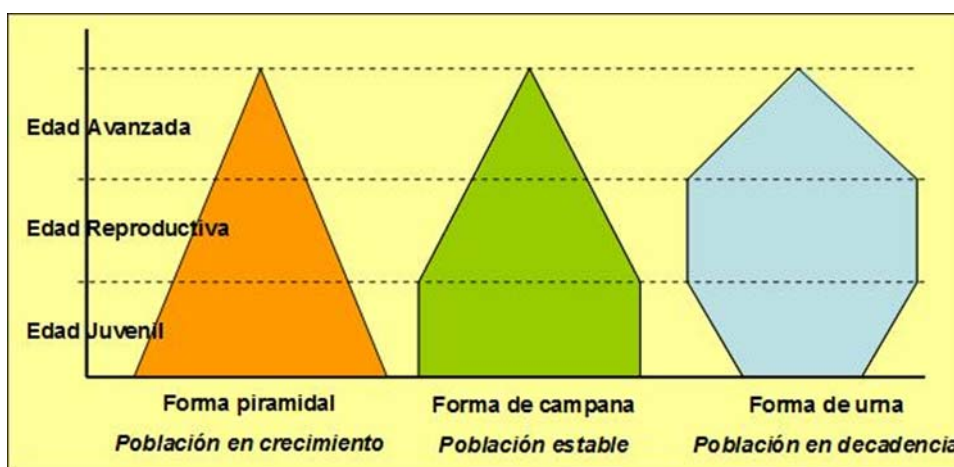


Figura 9.1: Tipos de pirámides de distribución de edades: a) población en crecimiento, b) población estable, c) población en declinación

- *Población en crecimiento*: Pirámide con base amplia dado a que los individuos jóvenes se encuentran en una alta proporción. Este tipo de pirámide es característico de las poblaciones de crecimiento rápido.

- *Población estable*: población con un porcentaje similar de los individuos en todas las edades, principalmente jóvenes y reproductivas. Este tipo de pirámide es propia de poblaciones que poseen un crecimiento estable y, en consecuencia, un tamaño estable.

- *Población en retroceso*: Esta pirámide presenta una base estrecha, con mayor cantidad de individuos en edad reproductiva que jóvenes (futuros adultos reproductivos). Es característica de poblaciones que están disminuyendo su tamaño.

Distribución espacial

Los organismos no son entidades aisladas; coexisten con otros individuos, y de la interacción de unos con otros, depende, en gran parte, la abundancia y la distribución de una población. Existen tres patrones generales de distribución de los individuos en el espacio en que habitan: al azar, uniforme y agregada (Figura 9.2) (Pianka, 1982; Morlans, 2004).



Figura 9. 2: Patrones de distribución de los individuos en el espacio: al azar, uniforme y agregado

a) *Distribución al azar*: cada lugar del espacio tiene la misma probabilidad de ser ocupado por un organismo de la población o por otro. Es decir, la

presencia de un individuo en un punto determinado no afecta la de otro en las inmediaciones. Sólo es probable donde el ambiente es muy homogéneo y los individuos no tienen tendencia a agregarse.

b) *Distribución uniforme, regular u homogénea*: los organismos se ubican en el espacio a distancias regulares o semejantes entre sí. Esta tipo de distribución es rara en la naturaleza ya que requiere de un ambiente homogéneo o continuo, y de una relación entre los individuos de la población negativa, como una fuerte competencia o cuando hay un antagonismo que obliga a una separación entre ellos. Al estar muy cerca ven disminuida su sobrevivencia. Es el típico diseño de nuestros cultivos en el campo, trigo, maíz, plantaciones de pinos, etc.

c) *Distribución agregada*: los organismos forman grupos. Ocurre cuando las características del medio son heterogéneas o discontinuas; es decir, en el ambiente existen distintos micro hábitat y sólo algunos ofrecen las condiciones óptimas para los organismos o, como suele pasar, la presencia de un organismo en un lugar atrae a otros, ya sea para la reproducción o porque actúa como una defensa contra los depredadores, resultando beneficioso para ellos. En el caso de las plantas, este tipo de distribución responde a un modo de reproducción o dispersión de propágulos, por ejemplo, de una planta madre: las semillas a su alrededor. Este tipo de distribución es la más frecuente en la naturaleza dado a la tendencia a la agregación que en general existe en los individuos, tanto plantas como animales.

Propiedades Dinámicas

Natalidad, Mortalidad y Dispersión

La densidad de una población no es constante y está sujeta a variaciones que dependen de sus niveles de natalidad, mortandad y dispersión: emigración o inmigración. Todos estos aspectos pueden ser manejados en un agroecosistema.

Los parámetros de natalidad, mortalidad, emigración e inmigración se relacionan a través de una ecuación que describe el tamaño de una población

(Pianka, 1982). En términos generales, la densidad de una población $N(t)$ en un sistema y tiempo dado responde a:

$$N(t) = N - M + I - E$$

$N(t)$: número de individuos de la población en un tiempo dado (densidad de la población)

N : cantidad de individuos que nacen

M : número de individuos que mueren

I : número de individuos que inmigran desde otros sistemas

E : número de individuos que emigran hacia otros sistemas

Tasa de natalidad: Es el aumento de la abundancia por unidad de tiempo de una población, por efecto exclusivo de la reproducción, ya sea por eclosión, germinación o división. Cada especie tiene una capacidad reproductiva propia, que determina su potencial biológico.

Tasa de mortalidad: Es el número de individuos que mueren por unidad de tiempo.

Dispersión: En general, los individuos de una población se desplazan en el espacio, lo que se denomina dispersión. Este movimiento de los individuos influye de manera directa sobre la abundancia y densidad de dicha población. La dispersión puede traducirse en emigración o inmigración. La emigración constituye el desplazamiento de los individuos hacia fuera de la población, mientras que, por el contrario, la inmigración constituye el movimiento desde fuera hacia adentro de la población. Muchas veces, cuando en un sistema de cultivos las condiciones no son favorables para alguna población plaga, por ejemplo, en sistemas de cultivos diversos o policultivos, la plaga tiende a irse hacia otros sistemas. Por el contrario, las características de nuestro cultivo, (i.e. monocultivo) pueden favorecer la inmigración, al ser preferido por la plaga sobre otros cultivos aledaños. La presencia de barreras de vegetación espontánea también puede disminuir el ingreso de poblaciones de plagas a nuestros sistemas de cultivos. Asimismo, también es muy importante tener en cuenta la distribución y características de los ambientes seminaturales (corredores biológicos) en la posibilidad de dispersión hacia nuestros sistemas de cultivos de los enemigos naturales (ver Capítulo 5).

En algunas poblaciones, como las vegetales, que no tienen movilidad, (no pueden escaparse espacialmente en situaciones desfavorables) la dispersión puede realizarse en el tiempo (escape hacia el futuro: a la espera de situaciones más favorables) por la emisión de semillas u órganos de propagación que quedan enterrados en el suelo, a veces por varios años.

Curvas de Crecimiento de las poblaciones

El tamaño de una población no es estático, sino que varía a lo largo del tiempo. Esto depende de varios factores, entre ellos las propiedades emergentes de cada población. El crecimiento de una población es una de las propiedades más importante y uno de los motivos de preocupación para los agrónomos ya que, en general, cuando se trata de poblaciones silvestres, es indeseable. Existen dos modelos de crecimiento en las poblaciones: el modelo exponencial y el modelo sigmoideo.

Crecimiento exponencial (crecimiento denso-independiente): se da en aquellas poblaciones donde la tasa de crecimiento r (individuos que nacen/ hembra/ tiempo) es constante, independientemente del tamaño de la población (Figura 9. 3).



Figura 9.3: Crecimiento de la población en el tiempo. Modelo exponencial

Estas poblaciones se encuentran en ambientes de recursos ilimitados donde no existe competencia, por lo que el crecimiento de la población está limitado únicamente por su capacidad de autorreproducirse (Hickman *et al.*, 1994a; Tyler Miller, 1994a). Las poblaciones con este tipo de crecimiento suelen alcanzar densidades muy abundantes ante la presencia de recursos disponibles y luego, sus individuos mueren catastróficamente dado que la cantidad de recursos no puede sostener a tan alta densidad o por factores naturales de mortalidad (Begon *et al.*, 1988; Hickman *et al.*, 1994a). Este es el caso de muchas plagas agrícolas que se desarrollan sobre los sistemas de cultivos modernos, (monocultivo) de gran calidad (para las plagas) y sin competidores ni enemigos naturales. En general, las plagas responden a un crecimiento exponencial. Este tipo de crecimiento también responde a aquellos grupos que presentan una estrategia de vida del tipo “*r* estratega”.

Crecimiento sigmoideo (crecimiento denso-dependiente): se da en aquellas poblaciones donde la tasa de crecimiento (individuos que nacen/hembra/ t) varía en función al tamaño de la población. (Figura 9.4)

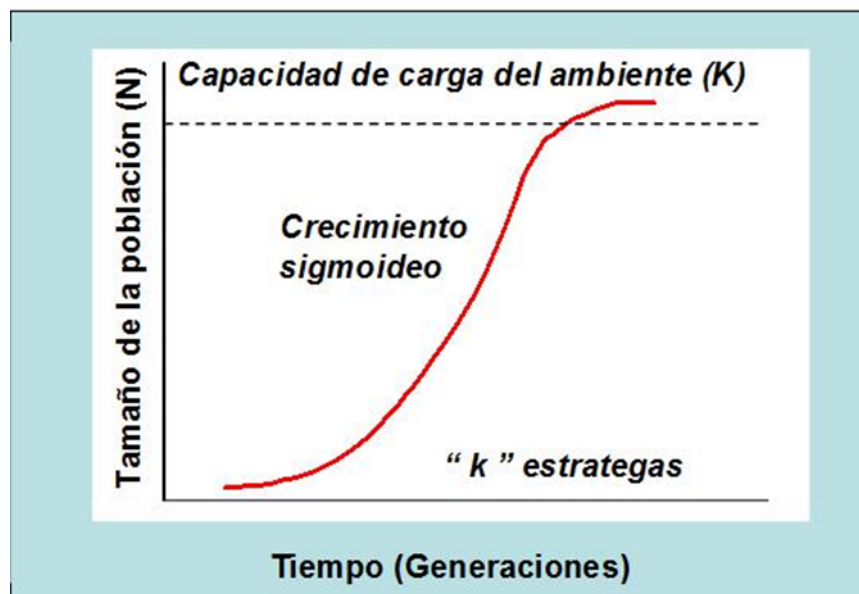


Figura 9.4: Crecimiento de la población en el tiempo. Modelo sigmoideo

Es decir, a medida que aumenta el tamaño de la población, aparece el factor de competencia por los recursos. Esta competencia intra-específica disminuye la tasa de crecimiento y, por lo tanto, disminuye el crecimiento poblacional. Las poblaciones con este tipo de crecimiento suelen alcanzar un nivel de densidad bastante estable, que fluctúa alrededor de un valor medio de densidad al que se lo denomina K (Begon *et al.*, 1988; Tyler Miller, 1994a).

En general, los enemigos naturales presentan este tipo de crecimiento. Este tipo de crecimiento también responde a aquellos grupos que presentan una estrategia de vida del tipo "*k estrategia*" (ver Capítulo 6).

Tanto las plagas como los enemigos naturales, constituyen poblaciones con características propias y con un entorno más amplio con el cual interactúan y se relacionan. Cuánto más conozcamos los factores que determinan las variaciones de las poblaciones mejor información tendremos para tomar decisiones que nos permitan disminuir o favorecer su presencia en el agroecosistema. Teniendo en cuenta los factores que determinan el tamaño de una población, desde la agricultura convencional se ha intentado controlar las plagas casi exclusivamente a través del uso de plaguicidas, aumentando la mortalidad de la población. Sin embargo, otras estrategias de manejo que actúen sobre otros aspectos de manera simultánea pueden ser más exitosas y estables (ver Capítulo 10). Si nuestra plaga es un *r estrategia*, favorecer aquellas estrategias de manejo que reduzcan su tasa de crecimiento por sobre la mortalidad puede tener un efecto importante, dado que la mortalidad es un factor que naturalmente ocurre en este tipo de estrategias. Por el contrario, si se trata de una plaga *K estrategia*, caracterizada por la poca descendencia, aumentar los factores de mortalidad puede ser lo más adecuado. En el mismo sentido, si se busca aumentar la presencia de los enemigos naturales, generalmente con una estrategia de tipo *k*, se debe recurrir al uso de estrategias que favorezcan la reproducción y supervivencia de la población.

A pesar de que las categorías de *r* y *k* se muestran como estrategias extremas, la mayoría de las especies poseen una combinación de ambas. Conocer estas habilidades puede ser muy útil para el entendimiento de la dinámica de las poblaciones en los agroecosistemas. La mayoría de las

especies asociadas a los agroecosistemas poseen características de tipo r. Esto se relaciona con el ambiente que ofrecen los sistemas agrícolas: ambientes disturbados, con suelo descubierto y una alta disponibilidad de recursos (agua, luz, nutrientes, comida) esperando ser utilizados. De ahí, que las malezas y las plagas, los principales problemas de los agroecosistemas, tengan un gran componente r. Por eso poseen rápido crecimiento y ocupan el ambiente y hacen uso de los recursos de manera fácil y rápida. De la misma forma, en general, las especies cultivadas también responden a estrategias r, ya que gran parte de la energía está retenida en el grano, porción reproductiva de la planta. Una propuesta interesante sería lograr combinar las ventajas de ambas estrategias en la especie de cultivo, o sea especies que combinen un rápido crecimiento con una buena habilidad competitiva. Además, llevar al sistema a una etapa sucesional más avanzada permitirá la presencia de especies espontáneas tanto r como k mejorando la estabilidad en el agroecosistema (Gliessman, 2003a).

Nicho ecológico, hábitat, recurso

Un concepto central de la teoría ecológica y fundamental para entender los procesos que ocurren en un ecosistema es el concepto de nicho ecológico. Este concepto ha adquirido un gran valor para la comprensión y el manejo de interacciones complejas entre poblaciones en los agroecosistemas. El nicho ecológico de una especie es un concepto abstracto, no puede definirse como un espacio físico, no puede verse ni tocarse. Este concepto está íntimamente ligado a los conceptos de competencia y recursos y es esencial para el diseño de los sistemas de policultivos y el manejo de malezas.

Hutchinson (1957) define el **nicho ecológico** como “*los límites, para todos los factores ambientales dentro de los cuales, los individuos de una especie pueden sobrevivir, crecer y reproducirse*”. El nicho incluye los *recursos* y las *condiciones* que una especie necesita para vivir y reproducirse y la diferencia entre ambos conceptos es muy importante. El *recurso* es algo que puede consumirse, agotarse, puede volverse escaso, por ejemplo, el agua, la

luz, los nutrientes, una presa, un lugar para nidificar, desovar, etc. Si un individuo consume parte del recurso, quedará menos para el otro y esto afectará su crecimiento o reproducción. Por lo tanto, por los recursos puede haber competencia.

Las *condiciones*, por el contrario, son necesarias para la vida y reproducción pero no se agotan, no se compite por ellas. Por ejemplo, la longitud del día, el fotoperíodo: es esencial para la floración de muchas especies de plantas, las que, si no tienen determinadas horas de luz, no pueden florecer y, por lo tanto, no se reproducen. Pero no se compite por ello: la presencia de un mayor número de individuos, no genera una disminución de la longitud del día.

Las especies pueden tener nichos similares o muy diferentes. Las similitudes y diferencias de nichos entre especies pueden deberse a características morfológicas, como por ejemplo, en plantas: altura, arquitectura foliar, profundidad y distribución de raíces, pero también a su funcionamiento, sus necesidades temporales: demanda de nutrientes, agua, etc. Dos especies que se parezcan morfológicamente, que tengan incluso similares requerimientos, pero desfasados en el tiempo, tendrán nichos bastante diferentes y no competirán, por lo tanto, severamente entre ellas.

Se define al nicho de una especie, como un espacio de n dimensiones, donde cada dimensión representa la respuesta de una especie a la variación de una determinada variable (pH, intensidad de luz, temperatura, humedad, disponibilidad de un nutriente, etc.). Las variables son independientes unas de otras y estarían representadas por todas aquellas condiciones ambientales y recursos que afectan la supervivencia y reproducción de la especie. Esta definición de nicho, hace referencia al **nicho potencial**, como la máxima distribución posible de la especie, controlado únicamente por sus límites estructurales e instintos, es decir, en ausencia de competidores. Por otro lado, el **nicho realizado** es el área que una especie puede ocupar en un hábitat dado y está determinada por sus interacciones con otros organismos en el ambiente (Gliessman, 2003a). Es decir, en presencia de competidores.

El nicho puede ser estrecho o amplio. Por ejemplo, para un factor, una especie puede vivir dentro de un rango de pH muy estrecho (de 7,2 a 7,4) mientras que otra especie puede tolerar un rango de pH mucho más amplio (de 6,5 a 8,2). De acuerdo con el nicho que ocupan, las especies pueden ser clasificadas en *especialistas* y en *generalistas*. Los especialistas, son organismos con un nicho muy estrecho, con adaptaciones y actividades para un hábitat especial. Es decir, pueden vivir sólo en un tipo de hábitat, toleran un margen reducido de condiciones ambientales y poseen una dieta muy selectiva. Son, en general, características de especies tipo k, que predominan en ambientes maduros. Por el contrario, los generalistas poseen un nicho amplio, es decir, tienen la capacidad de adaptarse rápidamente a cambios en las condiciones ambientales y utilizan un rango amplio de recursos (Gliessman, 2003a; Tyler Miller, 1994b). Predominan en ambientes con gran disponibilidad de recursos, como los disturbados, típicos de gran parte de los agroecosistemas. Es posible que un nicho amplio de algún generalista equivalga a (o “contenga”) varios nichos estrechos de especialistas, en sistemas avanzados de la sucesión.

Es importante diferenciar el concepto de nicho del concepto de hábitat. El ***hábitat*** es el lugar que reúne las condiciones adecuadas para que una especie pueda perpetuarse. Es decir, un hábitat incluye varios nichos. Por ejemplo, un lago, una pradera, un bosque, un maizal, son hábitats, donde pueden vivir muchas especies que ocupan diferentes nichos. A diferencia del nicho, el hábitat sí hace referencia al espacio donde toma lugar la especie, por eso se suele decir que el hábitat es la “dirección” y el nicho la “ocupación o función” de la especie en el ecosistema (Gliessman, 2003a).

El concepto de nicho se relaciona estrechamente con el concepto de competencia. Cuando dos especie tienen nichos similares (son especies “parecidas”) puede haber riesgo de competencia porque quiere decir que se comportan de manera similar y requieren los mismos recursos. La superposición de nichos entre dos especies lleva, ante recursos escasos, a la competencia entre dichas especies. El grado de competencia dependerá, entre

otros factores, del grado de superposición de sus nichos y la escasez de los recursos.

Interacciones biológicas

Cuando abordamos las características de los Agroecosistemas (ver Capítulo 4) señalábamos que un sistema es un conjunto de componentes (en este caso biológicos) que interactúan de manera tal de conseguir un objetivo: en nuestro caso, un flujo de bienes y servicios. Es decir, tanto los componentes, como las interacciones entre ellos son fundamentales para su correcto funcionamiento. Sorprendentemente, las Ciencias Agropecuarias han estado mucho más preocupadas en entender los componentes (cultivos, plagas, animales, malezas, etc.) que las interacciones entre estos. Las consecuencias de este enfoque reduccionista se han discutido previamente (ver Capítulos 1 y 2).

Entender las interacciones entre los componentes de los agroecosistemas resulta, por lo tanto, fundamental para un manejo sustentable.

Las poblaciones de una comunidad interactúan entre sí, de diferentes maneras. Desde el enfoque predominante en la agricultura convencional, los cultivos han sido vistos como una población casi aislada del resto de las poblaciones, excepto por los efectos negativos generados por las malezas, plagas y enfermedades. Sin embargo, en las comunidades presentes en los agroecosistemas, las interacciones pueden ser positivas para una o para ambas poblaciones participantes. Es decir, una comunidad es el resultado de interacciones positivas y negativas que están ocurriendo entre y dentro de las poblaciones que la componen. El diseño y las estrategias de manejo que elegimos para nuestro agroecosistema, determina el tipo y la intensidad de estas interacciones. De esta manera, podemos potenciar o disminuir los efectos negativos o positivos. Estas interacciones, son las que determinan la capacidad de supervivencia y reproducción que cada una tenga en esa comunidad. En la tabla 9.3 se muestran algunas de las interacciones biológicas que ocurren en una comunidad.

Interacción	Población A	Población B	Efecto de la interacción
Competencia	Población A (-)	Población B (-)	Ambos organismos se perjudican
Alelopatía	Población A (-)	Población B (0)	Uno se perjudica y el otro no se ve afectado
Predación	Predador (+)	Presa (-)	Una especie se beneficia y la otra se perjudica
Parasitismo	Parásito (+)	Hospedador (-)	Un organismo se beneficia y el otro se perjudica
Mutualismo (Simbiosis)	Simbionte A (+)	Simbionte B (+)	Ambos organismos se benefician

Tabla 9.3: *Interacciones biológicas entre poblaciones. Se indica con (+) cuando una especie se beneficia de la relación, con (-) cuando resulta perjudicada y con (0) cuando la relación resulta indiferente*

La **competencia** es tal vez una de las interacciones más importantes en los agroecosistemas. La competencia es un fenómeno que ocurre cuando los individuos que crecen juntos o que comparten un mismo hábitat, utilizan o comparten recursos que no se encuentran en cantidades suficientes para ambos. Esto genera la disminución del crecimiento de ambos componentes, es perjudicial para ambos, aunque puede serlo en distinto grado o intensidad (dependiendo de su capacidad competitiva).

El requerimiento simultáneo de un mismo recurso por parte de dos especies o dos individuos de la misma especie, genera, si el recurso es escaso, una competencia entre ambos individuos por dicho recurso. O sea, para que exista competencia, se deben dar dos factores: un recurso escaso y una superposición de nichos.

Para que ocurra competencia entre dos especies, se deben dar dos factores: que los recursos sean escasos y que dichas especies superpongan sus nichos ecológicos.

La superposición de nichos puede presentar distinto grado de solapamiento, lo que a su vez, estará en relación con la magnitud de la competencia entre ellas (Figura 9.5). A mayor solapamiento, mayor riesgo de competencia (depende si existen recursos escasos). Esta competencia puede

darse entre individuos de la misma especie (intraespecífica) o entre individuos de diferentes especies (Interespecífica). Ambas son muy comunes en los agroecosistemas.

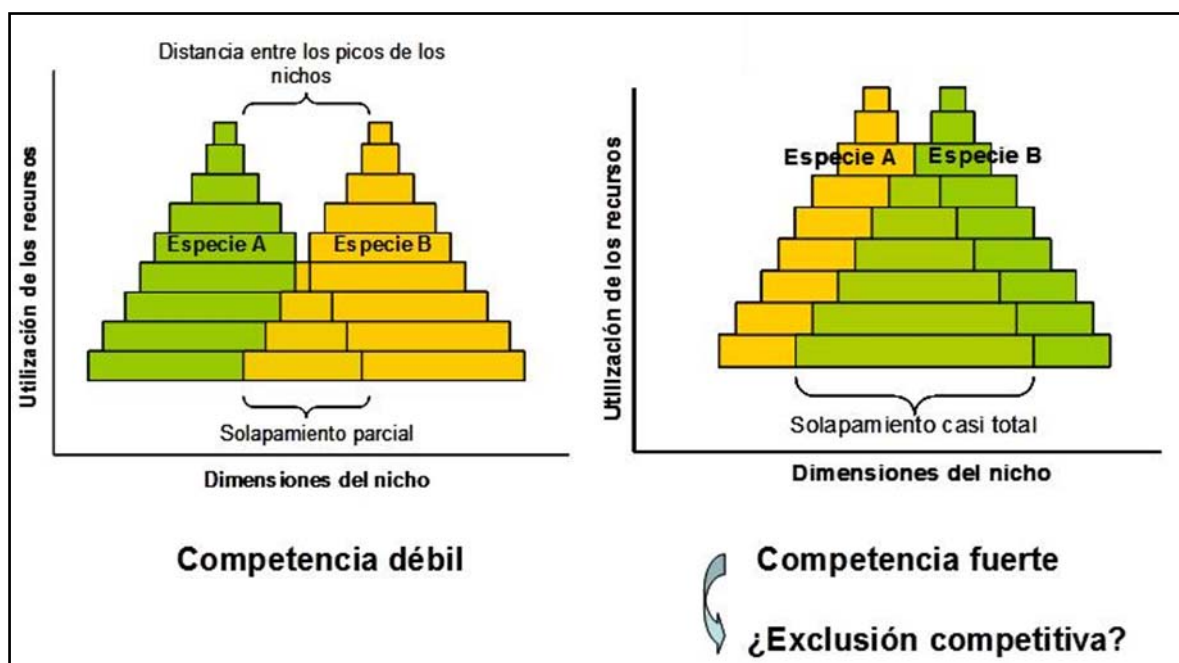


Figura 9.5: Tipos probables de solapamiento de nichos para dos especies (A y B) y su competencia entre las mismas

La **competencia intraespecífica**, se da entre individuos de la misma especie. Es muy común en los agroecosistemas, por ejemplo, en un cultivo de trigo o maíz, donde sembramos juntos muchos individuos de la misma especie. Observamos una disminución del crecimiento de cada individuo debido a la presencia del otro, pero lo que nos interesa en nuestros sistemas de cultivos es la producción por superficie (de la población), y no la producción individual. La densidad de siembra adecuada es la que logra optimizar el uso de los recursos (agua, luz, nutrientes) por la población y no por el individuo. Si colocamos pocos individuos, el crecimiento de cada uno de ellos será mayor, pero el rendimiento por superficie puede ser mucho menor, al no lograr aprovechar todos los recursos disponibles. Si, por el contrario, ponemos demasiados individuos, la competencia intraespecífica puede ser tan intensa que el

rendimiento por individuo será bajo o casi inexistente y el rendimiento por superficie se verá seriamente perjudicado.

Existe otra competencia que tiene enorme importancia en los sistemas agropecuarios: la **competencia interespecífica**. Esta se da cuando diferentes especies (poblaciones) comparten parcialmente el “nicho” y, además, existe un recurso de uso común que no está en cantidades suficientes como para mantener a ambas. Este es el caso de la competencia entre nuestros cultivos y las malezas, y entre las malezas entre sí. El resultado es una reducción en la fertilidad, el crecimiento y/o la supervivencia de una o ambas especies.

La competencia puede alterar las poblaciones, las comunidades y la evolución de las especies involucradas. Es importante destacar que las especies intervinientes en una relación de competencia definirán su habilidad competitiva respecto de la otra dependiendo de las condiciones ambientales y del factor por el cual se esté compitiendo. Es erróneo definir a una especie como buena o mala competidora; su habilidad competitiva estará en estrecha relación a las condiciones ambientales en las que se encuentre, al factor por el que se compita y a las características de la otra especie interviniente (Gliessman, 2003b; Tyler Miller, 1994b).

La habilidad competitiva de una especie depende de las condiciones ambientales en las que se encuentre, al factor por el que se compita y la otra especie interviniente.

Por ejemplo, en una competencia entre dos especies (A y B), la especie A puede ser mejor competidora (más agresiva) que la B, cuando el nitrógeno es escaso. Si agregamos nitrógeno, (vía fertilización) la agresividad relativa de las especies puede variar, ya que, al dejar de ser el N el factor escaso, la competencia podrá ser entonces por luz, agua o algún otro factor. Recordar que según la ley del mínimo de Liebig, siempre el factor más escaso es el que impone un límite al crecimiento. En este sentido, la capacidad competitiva de las especies puede variar al variar el recurso escaso.

La **alelopatía** es otra importante interacción en los agroecosistemas. Se refiere a los efectos perjudiciales (alelopatía negativa) o benéficos (alelopatía

positiva), como resultado (directo o indirecto) de la acción de compuestos químicos, que liberados por una planta al medio, ejercen su acción en otra (Molisch, 1937). En todo fenómeno alelopático una planta libera compuestos químicos al medio ambiente por una determinada vía (por Ej. lixiviación, descomposición de residuos, etc.), los cuales provocan un efecto perjudicial o benéfico sobre la germinación, el crecimiento o desarrollo de otra planta (Blanco, 2006). Los compuestos alelopáticos que desencadenan el proceso se denominan compuestos, agentes o sustancias alelopáticas. Algunos residuos de cultivos, como el centeno, trigo, trigo sarraceno, mostaza negra (*Brassica nigra*) ó sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) han sido mencionado con efectos alelopáticos negativos (Overland, 1966). Muchos agentes alelopáticos, además de tener un efecto sobre plantas, también los tienen sobre otros tipos de organismos distantes a estas, como los herbívoros e insectos fitófagos.

A diferencia de la competencia, donde el efecto negativo en el crecimiento y desarrollo es debido a la reducción en la disponibilidad de recursos comunes, en la alelopatía tiene su origen en compuestos químicos liberados por una planta que afecta a otra (Blanco, 2006).

Otra interacción muy común en agroecosistemas es la **predación**, en la que intervienen el predador y la presa. En esta interacción los individuos de la población predadora matan a los individuos de la población presa para alimentarse de ellos (pertenecen a distintos niveles tróficos). En general, una población presa es víctima de más de una especie predadora y, éstas a su vez, generalmente, tienen a más de una especie como presa. Los predadores suelen tener un tamaño relativamente mayor que sus presas y además, consumen numerosas presas a lo largo de su vida (Hickman *et al.*, 1994a; Tyler Miller, 1994b). Un ejemplo de depredadores importantes son los coccinélidos (vaquitas o mariquitas) que se alimentan, en todos sus estadios de desarrollo, generalmente de pulgones, provocando una gran mortandad. Las arañas son otro excelente ejemplo de predadores abundantes e importantes en los agroecosistemas, como enemigos naturales o fauna benéfica que puede ser incentivada o promovida por el manejo adecuado de la biodiversidad (ver Capítulos 5 y 10).

En la interacción de **parasitismo**, la población parásita se alimenta de la población hospedadora, pero, a diferencia de la predación, el parásito es de un tamaño mucho menor al del hospedador y sólo tienen un hospedador a lo largo de su vida. Los parásitos que viven dentro del organismo hospedador se llaman endoparásitos y aquellos que viven fuera, reciben el nombre de ectoparásitos. Un parásito que mata al organismo donde se hospeda es llamado *parasitoide* (Hickman *et al.*, 1994a; Tyler Miller, 1994b). En este grupo se ubican los microhimenópteros, importantísimo grupo que parasita entre otras especies, a los pulgones con gran efectividad.

El **mutualismo** es una interacción que ocurre entre dos poblaciones en la cual ambas obtienen un beneficio mutuo. Dentro del mutualismo, la interacción de mayor importancia para la agricultura es la simbiosis. La **simbiosis** es una asociación mutualista ya que ambos componentes se benefician. La relación simbiótica más conocida y de mayor importancia para la agricultura es la *Rhizobium*- Leguminosa, a través de la cual la bacteria transforma el N₂ atmosférico en nitrógeno disponible para la planta. La fijación biológica de nitrógeno a través de relaciones de simbiosis se estima en un aporte de 65 millones de toneladas métricas de nitrógeno al suelo al año, por lo que reviste una gran significación agrícola (Azcón- Aguilar *et al.*, 1983) que se analiza en el Capítulo 8.

Principio de exclusión competitiva y coexistencia

El **principio de exclusión competitiva** señala que dos especies no pueden ocupar el mismo nicho ecológico en el mismo hábitat. Si existen recursos limitados, eventualmente una especie excluirá a la otra, dado un determinado período de tiempo, mediante la “exclusión competitiva”. Este principio también es conocido como la ley de Gause (1934).

Aunque es cierto que dos poblaciones no pueden ocupar el mismo nicho al mismo tiempo y en el mismo lugar, frecuentemente existe una superposición en sus nichos que produce un cierto grado de competencia entre las poblaciones en la naturaleza. Como hemos visto (Capítulo 4) los ecosistemas

naturales se caracterizan, entre otras cosas por una gran diversidad de especies. Esto quiere decir que coexisten muchas especies porque sus nichos, aunque pueden parecer similares a primera vista, no lo son, sino que son complementarios. La complementariedad de nichos mejora la utilización y aprovechamiento de los recursos. Este concepto es muy importante para el diseño de sistemas de policultivos. Como la selección favorece la disminución de la competencia, es frecuente que, con el tiempo, se llegue a la diversificación de nichos.

Es así que, las poblaciones intervinientes pueden “evadir” la competencia, a través de mecanismos como cambios en las características físicas (modificación del largo de la raíz) o fisiológicas (utilización del mismo recurso en diferentes momentos) para reducir la superposición de nichos existentes. En este caso las especies reducen la competencia y logran **coexistir** en el mismo hábitat (Hickman *et al.*, 1994a). Conocer los mecanismos que hacen posible la coexistencia puede ser fundamental para el diseño y manejo de agroecosistemas (Gliessman, 2003b).

En general, las poblaciones intentan “evadir” la competencia a través de cambios físicos o fisiológicos, reduciendo la superposición de nichos existentes, logrando así coexistir en el mismo hábitat.

Conclusiones

El manejo sustentable de los agroecosistemas implica conocer y entender las poblaciones que forman parte de él (las domesticadas y las silvestres: malezas, vegetación natural, plagas, enemigos naturales, etc.). Estas poblaciones tienen características distintas a las sus componentes aislados y, además, forman en su conjunto, una comunidad que se relaciona con el medio. Es importante, además entender las distintas relaciones que se establecen entre los seres vivos y entre éstos y su entorno. La Agroecología busca generar y aplicar diseños y estrategias de manejo que favorezcan las relaciones

positivas entre las poblaciones y comunidades y disminuyan las negativas, a fin de evitar y minimizar el uso de insumos innecesarios.

Preguntas para el repaso y la reflexión

- 1- *Analice los conceptos de ecosistema, comunidad y población en los agroecosistemas. ¿Cuál es la importancia de entender la ecología de las poblaciones en los agroecosistemas?*
- 2- *¿Cuáles son las diferencias entre las propiedades estructurales y dinámicas de una población?*
- 3- *¿De qué depende el patrón de distribución espacial de una población?*
- 4- *Compare los crecimientos exponencial y sigmoideos de una población ¿Bajo qué condiciones puede esperarse que una población presente un crecimiento exponencial y bajo cuáles uno sigmoideo?*
- 5- *¿Con qué tipo de estrategia de vida (r o k) se encuentran asociadas, en general, las especies de malezas y de plagas? ¿Y a los enemigos naturales? ¿Cómo lo relaciona con las condiciones que ofrece un agroecosistema?*
- 6- *¿Qué interacciones pueden resultar beneficiosas y cuáles perjudiciales para los cultivos en los agroecosistemas?*
- 7- *Defina el concepto de nicho. ¿Cuál es la diferencia entre recursos y condiciones? Dé un ejemplo.*
- 8- *¿Cuál es la diferencia entre nicho y hábitat?*
- 9- *¿En qué se diferencia el nicho potencial del nicho realizado?*
- 10- *¿Cuál es la relación entre nicho y competencia? ¿De qué depende la intensidad de la competencia entre dos especies?*
- 11- *¿Siempre que dos especies compartan el mismo hábitat habrá competencia entre ellas? ¿De qué depende?*

Bibliografía citada

- Azcón-Aguilar C, JM Barea & J Olivares (1983) Simbiosis Rhizobium- leguminosa. Investigación y Ciencia. Scientific American: 82: 84-93.
- Begon M, JL Harper & CR Townsed (1988) Ecología: individuos, poblaciones y comunidades. Ed. Omega, Barcelona, Cap. 6:205-248.
- Blanco Y (2006) La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. Cultivos Tropicales. Vol.: 27 (3) Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas- Cuba. Pp. 5-16.
- Gause GF (1934) The struggle for existence. Baltimore, MD: Williams & Wilkins. Pp: 163. Disponible en: <https://archive.org/stream/struggleforexist00gauz#page/n177/mode/2up>
- Gliessman SR (2003a) Agroecología: Procesos ecológicos en la agricultura sostenible. Capítulo 13: Procesos poblacionales en la agricultura: dispersión, establecimiento y el nicho ecológico: 181- 194.

- Gliessman SR (2003b) Agroecología: Procesos ecológicos en la agricultura sostenible. Capítulo 15: Interacciones de especies en comunidades de cultivos: 215- 227.
- Hickman CP, LS Roberts & A Larson (1994a) Zoología. Principios integrales. 9° Edición. Mc Graw- Hill/ Interamericana de España, S.A. Capítulo 41: Ecología Animal: 1052-1072.
- Hickman CP, LS Roberts & A Larson (1994b) Zoología. Principios integrales. 9° Edición. Mc Graw-Hill/ Interamericana de España, SA, Capítulo 10: Evolución orgánica: 216- 255.
- Hutchinson GE (1957) Concluding Remarks. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 22: 415-427.
- Tyler Miller Jr. G (1994a) Ecología y medio ambiente. Grupo Editorial Iberoamericana. Capítulo 6: Cambios en las poblaciones, comunidades y ecosistemas: 158-175.
- Tyler Miller Jr. G (1994b) Ecología y medio ambiente. Grupo Editorial Iberoamericana, Capítulo 4: Los Ecosistemas: ¿Qué son y cómo funcionan?: 87- 115.
- Molisch H (1937) Der Einfluss eine Pflanze auf die andere: Allelopathie. Jena: Gustav Fischer, 106 p.
- Morlans MC (2004) Introducción a la ecología de poblaciones. Área de Ecología. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca.
- Overland L (1966) The role of allelophatic substances in the "smother crop" barley. Am. J. Bot. 53: 423-432.
- Pianka E (1982) Ecología Evolutiva. Ed. Omega, Barcelona. Pp: 376.