

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Bosques de Galería

Los bosques de galería o ribera, también conocidos como sotos, poseen una vegetación tan frondosa que cubre por entero un río, su nombre proviene del hecho de que su vegetación cubre al río formando una especie de túnel, como en la galería de una mina. Estos bosque son formaciones de árboles, arbustos y especies herbáceas que se desarrollan en los márgenes de los ríos, extendiéndose a los riachuelos que los alimentan e inclusive a algunas zonas de drenajes de las aguas de escurrimiento, formando redes continuas de vegetación natural de gran importancia ecológica ya que controlan la erosión de los márgenes, juegan un importante rol en el ciclo del agua y la regulación ambiental, pero también se comportan como corredores de biodiversidad, comunicando diferentes ecosistemas (Posuelo, 2005).

Los bosques de galería presentan particularidades geomorfológicas y pedológicas tales como el trazado y la oscilación del nivel del agua, que son condicionantes importantes en su ocurrencia y desarrollo. Son ecosistemas que se encuentran en condiciones en general, ligadas al microclima, la fertilidad de los suelos y la fluctuación del nivel freático. Su función hidrológica está ligada a la influencia sobre factores como la escorrentía, la estabilidad de los márgenes, el equilibrio térmico del agua (favorece la ictiofauna), el ciclaje de nutrientes y el control de la sedimentación, entre otros (Barbosa, 2000).

Se los distinguen de los bosques templados localizados en áreas aledañas por ceñirse al curso del río, formando un pasillo o corredor completamente distinto del resto de la vegetación por ser relativamente más altos, de mayor densidad, contener en proporción una mayor cantidad de biomasa, ser estructuralmente más complejos y poseer un mayor número de especies siempre verdes (Lamprecht, 1990). Estas zonas verdes cumplen un papel esencial en la naturaleza, ya que proporcionan refugio, alimentos, y zonas de nidificación a muchas especies; como animales de pequeño porte, principalmente pequeños mamíferos y algunos pájaros, además de caracterizarse por poder mantener especies caducifolias en climas con sequía de verano, como el clima mediterráneo, al depender esencialmente de la humedad del suelo y de las características azonales de éste.

El conocimiento del funcionamiento ecológico del bosque de galería involucra muchos aspectos que deben ser considerados al momento de formular propuestas de regeneración vegetal.

Flora y Fauna de los bosques análogos

Los bosques de galería se presentan como comunidades exuberantes en relación con su entorno. La vegetación de galería constituye una comunidad muy variada estructural y fisonómicamente, mientras que su fauna es rica tanto en animales terrestres como en ictiofauna

Ripisilva, vegetación ripícola o de ribera

Las especies vegetales que de forma natural se sitúan en los márgenes de los cauces de aguas permanentes o estacionales y que cumplen, además, una serie de características como la de ser extraordinariamente fieles a los diversos nichos ecológicos ribereños, ser sensibles a factores tan limitantes como la eutrofización y/o contaminación de las aguas, ser relativamente independientes de las

condiciones climáticas del entorno en el que se localizan o ser sensibles a la textura de los suelos sobre los que se asientan, entre otras.

Las riberas son realmente patentes en aquellos territorios en los que existe una estacionalidad más o menos marcada de las condiciones climáticas. Es decir, en las regiones ecuatoriales y tropicales apenas existe diferencia entre la vegetación climática o zonal y la vegetación azonal, como la de ribera, ya que el clima apenas sufre variaciones a lo largo del año, y las mismas especies que viven junto a los ríos también se encuentran en las laderas montañosas o en las llanuras.

Como los suelos donde se desarrollan estas formaciones son de una gran calidad y el agua no es limitante, las formaciones vegetales que crecen en ellas son especies leñosas de rápido crecimiento que se desarrollan perfectamente en zonas de umbría pudiendo alcanzar alturas de 20 a 30 m.

Junto a las especies arbóreas el bosque de galería presenta un rico sotobosque y tanto el estrato arbustivo como el herbáceo muestran mayor o menor desarrollo en función de las condiciones de iluminación. Un componente muy importante y característico de las riberas es la abundancia de plantas trepadoras, lianas o bejucos, ya que en ellas estas plantas encuentran el biotopo más adecuado para su desarrollo por la alta y constante humedad ambiental y edáfica y por la existencia de soportes, los árboles, para crecer y alcanzar la luz (Treviño, 2006).

La estructura de los bosques de ribera depende de las características del curso fluvial aunque es propio de estos bosques la localización de las especies en un sentido transversal al curso del río (similar a la vegetación de montaña), siendo las más exigentes en agua las más cercanas a él, que hunden sus raíces en el mismo cauce, en estas zonas más próxima al agua y si además son susceptibles a inundarse frecuentes, se encuentra una vegetación resistente a las inundaciones durante largos períodos y a las condiciones de inestabilidad física característica de este sector; mientras que las menos exigentes aparecen alejadas varias decenas (a veces hasta cientos) de metros de los cauces es decir en zonas con menor frecuencia de inundación y que es rica en suelos limosos-arcillosos con

abundancia en carbonato de calcio, pero con alta disposición de agua todo el año (Barbosa, 2000; Kageyama, *et al.* 1994).

Las funciones más importantes que cumplen las comunidades vegetales o fitocenosis que integran la vegetación de ribera son muy numerosas, destacando la de servir de defensa contra la erosión y la de retención de materiales fértiles. También regulan los intercambios agua-tierra y ejercen un efecto depurador en las aguas.

La vegetación de ribera, como cualquier otro tipo de vegetación o comunidad vegetal, ocupa una estación ecológica determinada y necesita para su desarrollo unas condiciones ecológicas concretas. Los factores ecológicos que influyen en su asentamiento se pueden agrupar en cuatro categorías:

- Características de la cuenca: dependen de la naturaleza geológica y litológica, de la dinámica geomorfológica, de factores edáficos y de la topografía o fisiografía.
- Condiciones del régimen fluvial: dependen del nivel y dinámica del agua, de la intensidad del estiaje y de la magnitud y periodicidad de las crecidas.
- Calidad del agua: dependen de parámetros como el pH, la temperatura del agua a lo largo de las estaciones, de la turbidez, de las sales disueltas, de la oxigenación del agua, de la riqueza de nutrientes y del tipo y cantidad de acarreo o material que arrastra el río.
- Macroclima: depende del régimen térmico, de la estacionalidad y de las condiciones de humedad ambiental.

Fauna

Faunísticamente es de los ecotopos más ricos. La vida acuática en éstas zonas es extraordinariamente compleja; la oligotrofia, la temperatura del agua y la potencia de la corriente, dan lugar a una fauna especialista: Aquí los peces serán más abundantes, seres que pueden vivir bajo las piedras protegiéndose de las violentas corrientes; insectos acuáticos que construyen su propio refugio, coleópteros acuáticos, etc., adheridos a las rocas, y un sinnúmero de adaptaciones a las facies más rápida de los ríos.

Dentro del bosque se pueden encontrar pequeños mamíferos, grandes cantidades de aves al igual que una enorme variedad de insectos; que encuentran en este lugar el sitio ideal para desarrollarse con suficiente alimento y áreas de refugio.

Suelo

Protección del suelo y el mantenimiento de su fertilidad

Los bosques son capaces de contener la erosión del suelo mediante varios mecanismos como la interceptación de las gotas de lluvia evitando que impacten directamente sobre el suelo, mediante la creación de una capa de hojarasca que también protege al suelo del impacto de las gotas de agua, mejorando la estructura del suelo lo cual favorece que el agua penetre en el suelo y evita que corra por la superficie con la consiguiente erosión que se produce.

La presencia de este tipo de vegetación en los cauces estabilizan los márgenes de los mismos y la disposición de árboles en forma transversal a las pendientes, se comportan como un filtro que retiene las partículas en suspensión, reduciendo la velocidad del agua y por tanto de su poder erosivo.

Aumento de la fertilidad de los suelos

Todo tipo de vegetación y más si se trata de plantas propias de ese espacio dan como resultado un mejoramiento acentuado en la fertilidad del suelo mediante los siguientes mecanismos:

- Ⓢ Aumento del contenido de materia orgánica del suelo. Este aumento del contenido de la MO del suelo depende de la facilidad de degradación de las hojas, la cantidad de vegetación, el número de árboles y el clima general.
- Ⓢ Un reciclaje eficiente de nutrientes dentro del sistema y consecuentemente una mejor utilización de los nutrientes internos del sistema.
- Ⓢ La fijación biológica de nitrógeno y la solubilización de nutrientes relativamente escasos, como por ejemplo el fósforo por medio de la actividad de las micorrizas y bacterias solubilizadoras de fósforo.
- Ⓢ Aumento de la fracción cíclica de nutrientes de las plantas y reducción de la pérdida de nutrientes más allá de la zona absorbente de nutrientes del suelo.
- Ⓢ Interacción complementaria entre las especies componentes del sistema, dando como resultado una repartición más eficiente de nutrientes entre sus componentes.

El aporte de nutrientes de cada especie existente dependerá de las características propias de las mismas, contenido de nutrientes en sus hojas, sistema radicular, degradación de la hojarasca, etc. (Revelo, N. & W. A. Palacios. 2005)

Además en los bosques de ribera o de galería ocurren procesos de depuración o desnitrificación de las aguas, los cuales son capaces de reducir la carga de nitrato entre un 68 y un 100 %. Este efecto se da por la acción de dos procesos que son: a) la desnitrificación microbiana que transforma los nitratos en nitrógeno gaseoso (N₂), proceso que ocurre en las zonas de saturación del suelo con agua que puede como no puede ocurrir en los taludes y zonas bajas del río, b) la absorción radicular por parte de los componentes vegetales del bosque. Un bosque de galería joven puede absorber una media de unos 900 kg de nitrógeno/ha/año.

Se debe observar como el cordón de árboles y arbustos, crea en su parte superior un lecho profundo de horizonte orgánico, que se comporta como una zona de retención de nutrientes, y en especial nitratos, que luego son absorbidos y reciclados. (BOFF, L. 2007)

Microclimas, moderación del clima

Las formaciones boscosas pueden ejercer un efecto modificador del clima mediante diferentes mecanismos. Se conoce que los árboles tienen capacidad de moderar el ambiente en su alrededor; las temperaturas máximas son menores y las mínimas mayores en las zonas arboladas que en la abiertas, lo cual unido a una reducción de la velocidad del aire por efecto barrera que producen los árboles, logra aumentar la humedad relativa debajo de sus copas y alrededores en comparación con las zonas sin vegetación. (RIOS Y Galerías. 2005)

Este efecto modificador del ambiente se extiende al suelo donde se mantienen temperaturas y niveles de humedad más favorable para el crecimiento de una vida variada de organismos en el suelo, la descomposición de la materia orgánica y el reciclado de nutrientes.

Los árboles utilizados como cortinas rompevientos ejercen una acción protectora, registrándose cambios climáticos importantes en el área.

Por lo general en la zona de protección de la cortina la velocidad del viento se reduce en un 60 %, la evaporación en un 35 %, se incrementa la cantidad de rocío un 70 %, la humedad del suelo en un 20 %, la temperatura del aire en un 15 %, la temperatura del suelo aumenta en un 10 % durante el día, adelantándose el periodo de desarrollo vegetativo al comienzo de la estación, y la humedad del aire aumenta en un 5 %, (Miguel, Pontereau, Steiner y Hickie, 2000).

Regulación del ciclo hidrológico

Los elementos estructurales que conforman el ecosistema de los bosques de galería influyen decisivamente en el equilibrio del agua en los mismos. Los árboles interceptan la lluvia y la redistribuyen a través de su dosel, pueden captar la humedad del aire por sus hojas y ser depositada como precipitación interna (niebla de goteo).

Las hojarascas producidas por la vegetación y la materia orgánica que aportan mejoran la estructura del suelo, con lo cual el agua de lluvia penetra en el suelo alimentando de esta forma los acuíferos y contribuyendo a la captación de agua por el suelo. El aumento de la capacidad de retención de agua por el suelo se ve favorecida por la hojarasca, que tiene la capacidad de retener 3,15 veces su peso en agua y el propio incremento de la materia orgánica del suelo, (Karenski, 1975).

Estos bosques contribuyen a la captación de agua por el suelo y subsuelo y mantienen las reservas en los mantos freáticos. Estas características, de hacer penetrar el agua en el suelo se relaciona con su capacidad de reducir las inundaciones cuando se producen precipitaciones copiosas en un corto periodo de tiempo.

Según Melchanov (1990), el incremento de 2 a 3% de la superficie boscosa, puede aumentar en 3-4 mm. las reservas de humedad como consecuencias de la reducción de los índices de evapotranspiración.

Además reduce las temperaturas ambiente y por tanto reduce la velocidad con que el aire asciende, es un factor que contribuye al aumento de las precipitaciones. Cuando existen altas densidades de árboles, por encima de 50, que equivale que más del 40 % de la superficie este sombreada por los árboles, se logra una distribución homogénea de los efectos. A medida que la densidad disminuye entre 50 y 10 árboles por ha. los efectos se vuelven locales o sea se concentran en la zona de influencia del árbol, lo que se denomina “efecto isla”. Si la densidad es aún menor, los efectos son muy localizados alrededor de los árboles, (Hernández, 1998).

Restauración Ecológica

La Restauración Ecológica está destinada a mejorar un hábitat destruido o degradado, o a crear unas condiciones equivalentes a las de dicho hábitat, de forma que, si no fuera posible reproducirlo fielmente, al menos se consiga corregir o compensar de modo satisfactorio los problemas originados a causa de la intervención humana o de algún fenómeno natural.

La reproducción exacta de un ecosistema es casi imposible debido a la dificultad que existe para definir exactamente a qué estado del ecosistema se desea llegar, o a la falta de información que indique si el ecosistema que estamos tomando como base no ha sufrido también algún tipo de degradación ambiental. Por lo tanto se entiende que las dinámicas naturales deben ser dirigidas a la recuperación, no de la totalidad sino de los componentes básicos de la estructura, función y composición de especies, de acuerdo a las condiciones actuales en que se encuentra el ecosistema que se va a restaurar.

Se puede decir que la restauración ecológica es de dos tipos, restauración pasiva y restauración activa. En la restauración pasiva la intervención consiste en retirar o eliminar los factores tensionantes o los disturbios que causan la degradación del sistema, de tal forma que éste se regenera por sí solo. Por su parte, en la restauración activa es necesario ayudar o asistir al ecosistema para garantizar que se pueden desarrollar procesos de recuperación en sus diferentes fases y superar con celeridad las barreras que impiden la regeneración natural. Además es importante mencionar que el establecimiento explícito de la restauración debe darse como una actividad humana, pues implica la definición de un sujeto (ser humano) que realiza una actividad (la restauración) sobre un objeto externo al sujeto y al cuál este no parece pertenecer (la naturaleza). (Universidad Nacional de Colombia, 2007).

Algunas formas de restauración consiste en mejorar el ambiente de forma estructural, funcional, o compensatoria. La restauración de una ribera, en la que se pueden realizar plantaciones de árboles, arbustos y plantas hidrófilas para asemejar la estructura horizontal propia de la vegetación de ribera, es un ejemplo típico de restauración estructural ya que se realizan actividades que recuperan los elementos de un ecosistema, en este caso la vegetación.

También es posible restaurar funciones. La restauración de los pasos de animales allí donde se han alterado las vías de comunicación naturales de los mismos no es una restauración del hábitat en el sentido estricto pero sí de la función que cumplía dicho espacio: trampolines para murciélagos, aves o como canal para la comunicación de los animales.

Existen muchos otros casos en los que se pueden aplicar medidas de restauración: alteración de ríos, alteración de las costas, contaminación de suelos, etcétera. La restauración fluvial puede ir destinada a recuperar la estabilidad del cauce o de la ribera, al instalar dispositivos que permitan el paso de especies migratorias, o a restituir la calidad de las aguas.

La sociedad actualmente posee instrumentos legales para obligar a la restauración de los espacios degradados. En este sentido, una de las normas más directamente implicadas en la regulación de la restauración ambiental es la relativa a los procedimientos de evaluación de impacto ambiental de las actividades humanas. (COMUNIDAD de San Jacinto de Chinambí, 2005)

Núcleos de Anderson

Yarranton & Morrison (1974) mostraron que algunos organismos vegetales tienen capacidad de formar micro-hábitats, mejorando las condiciones ambientales y atrayendo una serie de otros organismos, formando de esta manera, núcleos de diversidad. Los autores, que describieron la dinámica espacial de la sucesión primaria en dunas canadienses, llamaron este proceso Nucleación. Teniendo como inspiración la teoría de nucleación, Reis *et al.* (2003) simularon los mecanismos ecológicos descritos por aquellos autores instituyendo las técnicas nucleadoras de restauración para incrementar procesos sucesionales.

Aquí se considera un concepto más amplio de nucleación, lo cual envuelve cualquier elemento, biótico o abiótico, capaz de propiciar potencialidades para formar, dentro de las comunidades de restauración, nuevas poblaciones a través de la facilitación y creación de nuevos nichos de regeneración/colonización y generando nuevas situaciones de conectividad en el paisaje. El resultado de la acción de estos elementos bióticos y abióticos es la formación de núcleos de diversidad.

La nucleación representa una potencialidad de integración de los paisajes fragmentados, una vez que genera efectos *locales* (en áreas degradadas a restaurar) y efectos de *contexto* (en áreas desconectadas por la fragmentación). Para que este proceso nucleador sea efectivo en el paisaje y haga la promoción de

la conectividad, es imprescindible que los flujos biológicos ocurran en los dos sentidos: entre los “fragmentos-área en restauración” y “área restaurada-paisaje”.

La idea es buscar diversos elementos (suelo, plantas o semillas, microorganismos, hongos, bacterias...) dentro de estos fragmentos e incorporarlos en las áreas degradadas. La combinación de estos elementos representa la creación de una nueva condición en el área degradada, desde la formación de un pequeño núcleo de diversidad. Con el tiempo este núcleo tiende a irradiarse y gana fuerza en el sentido de conseguir establecer conexiones con las unidades naturales del paisaje (fragmentos, corredores). Esta es la primera vía de conectividad: la conectividad local que se hace entre fragmentos y área degradada. Este núcleo en el área degradada se transforma en un elemento diferenciado, con una nueva diversidad y funcionalidad en el paisaje. Es en este momento que el núcleo empieza a dar un retorno al paisaje original, a medida que irradia y gana fuerza, el retroceso producido y la propia conectividad entre el área que está siendo restaurada y los fragmentos al rededor. Esta es la segunda vía de conectividad: la *conectividad de contexto* que se hace entre el área restaurada y los fragmentos del paisaje. En este momento se restaura una red de conexiones, esencial para promoción de la conectividad entre las unidades del paisaje como un todo.

Reis *et al.* (2003), proponen la utilización de mecanismos ecológicos que objetiven formar micro-hábitats en núcleos propicios para la abertura de una serie de “eventualidades” para la regeneración natural como, por ejemplo, la llegada de especies vegetales de variadas formas de vida y la formación de una red interactiva entre los organismos. El objetivo de la aplicación de estas técnicas es el de promover “desencadenantes ecológicos” (Bechara, 2006) para la formación de una diversidad de caminos alternativos sucesionales.

Restaurar, en este contexto, induce al direccionamiento de una variedad de flujos naturales sobre el ambiente degradado, manteniendo procesos-llave y contribuyendo para rescatar la complejidad de condiciones de los sistemas naturales.

Dentro de esta perspectiva, este trabajo tiene por objetivo discutir las funciones de las técnicas nucleadoras propuestas por Reis *et al.* (2003), en el proceso de restauración, buscando responder como estas actúan a lo largo del gradiente temporal.

La introducción de especies a través del plantío de mudas es una forma efectiva de ampliar el proceso de nucleación. La importancia de esta técnica está en la selección de especies para construir pequeños núcleos de especies con fuerte poder de nucleación. El aumento de estas mudas favorece la formación de grupos que se destacan en el paisaje en restauración. Para eso, se ha optado por los llamados “grupos de Anderson”, donde 3, 5 o 13 mudas son plantadas con una determinada separación, de forma homogénea o heterogénea (Anderson 1953). Este pequeño grupo tiene una tendencia a favorecer las mudas centrales para el crecimiento en altura y las laterales para el desarrollo de ramas.

Estos módulos promueven eventualidades y situaciones imprevisibles, dando oportunidad para que los flujos naturales encuentren espacio para expresarse ampliando las posibilidades de restablecer una serie de procesos y contextos del sistema como un todo. En esta propuesta las técnicas actúan como “desencadenantes ecológicos” para el inicio del proceso sucesional secundario.

Consideraciones finales

El proceso de nucleación que está aquí propuesto, representa una nueva alternativa de restauración ambiental que contrasta con los métodos usualmente utilizados, porque da más importancia a los procesos naturales de sucesión. Aparentemente son bastante lentos para llegar a una vegetación arbórea que corresponda a la zona predominante, pero representan una base para la formación de comunidades forestales que puedan futuramente actuar como nuevos núcleos funcionales dentro del actual paisaje fragmentado.

La sucesión que envuelve la formación de poblaciones, no solamente de especies vegetales arbóreas (productores), pero de otras formas de vida y de otros grupos funcionales (consumidores y descomponedores), durante la formación de comunidades que representan las actuales condiciones del paisaje.

Estos núcleos van a actuar, dependiendo de su forma, tamaño y estructura, como corredores o trampolines ecológicos dentro de una nueva perspectiva de manejo ambiental de los paisajes.

Llevando en cuenta este panorama, la restauración de las áreas degradadas no se limita a una acción puntual en áreas impactadas, pero si a una estrategia que futuramente será un importante complemento en el manejo ambiental del paisaje.

Competencia

Es una demanda común planteada por dos o más organismos de recursos ambientales escasos. En las plantas, los recursos medioambientales limitados suelen ser la luz, el agua y los nutrientes. La competencia intraespecífica, es decir, entre miembros de una misma especie, se diferencia de la interespecífica o competencia entre miembros de especies distintas dentro de una misma comunidad.

La investigación indica que la competencia intraespecífica suele ser más intensa que la interespecífica, como Darwin previó en su teoría de la selección natural. Como la intensidad de la competencia intraespecífica depende de la densidad de población (a más población, más competencia), puede ser un importante factor regulador de las poblaciones.

La competencia entre especies distintas aumenta si los grupos que compiten tienen necesidades similares y suele culminar en el desplazamiento de una de las especies. La intensidad de la competencia interespecífica disminuye con la complejidad de las comunidades, probablemente porque la mayor diversidad de nichos ecológicos del conjunto del sistema lo hace más resistente al cambio.