

Variaciones locales en la reforestación en un área de corredor ubicada entre los Parques Nacionales Volcán Rincón de la Vieja y Volcán Cacao.

1713

Misty Tyler, Petter Tittmann, Jill Carbone, Asako Yamamuro.
UCEAP, Las Cruces 1998.

Universidad de California, Santa Cruz.
Universidad de California, San Diego.

Martha Rosemeyer, U.C. Programa de Educación en el Extranjero, Las Cruces.

Traducido por: Ing. Milena Gutiérrez L. Programa de Restauración y Silvicultura. ACG.

Resumen

El propósito de este estudio fue beneficiar a un proyecto designado para convertir pastizales a Bosque Tropical Húmedo, con el objetivo de entender los factores que influyen en la variación en el crecimiento de las plantas de áreas de tratamientos similares. Esta área en recuperación es un importante corredor que conecta el parque nacional Rincón de la Vieja y el parque nacional Cacao. Se plantaron estacas de *Glyricidia sepium* en este corredor para facilitar el crecimiento de los árboles sembrados previamente. Este efecto benéfico consiste en dar sombra a otras especies de rápido crecimiento que compiten con los árboles.

El área de estudio varió topográficamente desde áreas de fuertes pendientes, tierras planas en las partes altas de las colinas y tierras planas en las partes bajas. En cada una de estas tres áreas topográficas se seleccionaron visualmente dos parcelas unas donde las plantas mostraban un buen crecimiento, y otra donde las plantas mostraban un crecimiento muy pobre. Se colectó información para verificar que las condiciones de crecimiento seleccionadas fueron correctamente clasificadas. Se determinó el volumen de *G. sepium*, biomasa de pasto fresco y la diversidad de plantas dentro de las parcelas. Se encontró una diferencia significativa entre los volúmenes del *G. sepium* de las parcelas clasificadas como de pobre crecimiento y las de buen crecimiento ($g_1=4$, $t=6.241$, $p=0.0034$).

Se realizaron análisis de regresión entre la biomasa del pasto y la diversidad de las plantas, así como entre el volumen de *G. sepium* y la diversidad de las plantas. Los resultados arrojados por este análisis no fueron significativos, sin embargo fueron contradictorios con las observaciones hechas en otros estudios. Varios estudios han revelado que la diversidad de plantas se incrementa bajo condiciones de pobre crecimiento (Huston, 1996). La curva de especies reveló que en cinco de las seis parcelas muestreadas el tamaño de la muestra es insuficiente. Por lo tanto los resultados de la diversidad de las plantas no son concluyentes.

Los factores que afectan las condiciones de crecimiento de un área, pueden estar relacionadas con la fertilidad del suelo. Observaciones del suelo, como color y resistencia a la penetración fueron realizadas en el centro de cada parcela. Sin embargo, los resultados no fueron concluyentes debido a la similitud entre parcelas y por lo tanto es necesario analizar las características del suelo con técnicas más sofisticadas.

Este estudio revela que en este corredor hay áreas con mejores condiciones de crecimiento para el *G. sepium*. No se comprende en la totalidad cuales son estas condiciones que permiten un mejor crecimiento, por lo cual deberían realizarse más estudios que permitan una mejor comprensión de estas condiciones que afectarían la regeneración del bosque.



Introducción

La deforestación masiva a travez de Centroamérica ha resultado en una degradación ambiental de variados niveles (Schelhas, 1996). Grandes cantidades de terrenos han sido convertidos de bosques a terrenos ganaderos. Las haciendas ganaderas son un uso productivo de la tierra que requiere relativamente poca mano de obra y dinero y también suministran al mercado interno y externo, carne de importación. Debido al grado del cual las áreas han sido disturbadas, la intervención humana a travez de proyectos de reforestación pueden ser importantes para incrementar la razón de recuperación del ecosistema. Esto puede proveer hábitat para una diversa comunidad de especies, tanto como beneficiar las comunidades locales.

"Recursos en métodos de restauración de especies y ecosistemas es necesario porque muchas comunidades ecológicas no podrán recuperarse o lo podrán hacer solas muy lentamente, si no hubiera una intervención creativa en el proceso de recuperación" (Purves, et al., 1995).

Nuestro estudio se dirige a la conversión de terrenos deforestados y condiciones excesivas de pastizal en un corredor en proceso de reforestación con especies maderables de dosel. Esta investigación examina los efectos de prácticas de manejo corrientes en condiciones localizadas de manejo un año y nueve meses después del tratamiento inicial. El corredor perteneciente al Area de Conservación Guanacaste, ubicado entre el Parque Nacional Rincón de la Vieja y Parque Nacional Cacao, viene bajo el auspicio del Sistema Nacional de Areas de Conservación (SiNAC) en 1986. Desde ese momento, esfuerzos para regenerar una saludable franja de bosque entre los dos parques, para proveer un hábitat para las especies que habitan el bosque, han sido implementados y monitoreados.

Aquí se presentó una variación significativa en el éxito de la regeneración de especies de plantas. La pregunta central para esta investigación se enfoca en la variedad de respuestas de crecimiento de especies plantadas y pioneras en un tratamiento aparentemente uniforme. Una hipótesis que probamos fue que la calidad del suelo fue el factor primario que afectó la habilidad para establecerse de los árboles pioneros, tal como *G. sepium* al competir con el invasivo pasto africano estrella (*Cynodon aethiopicus*). Un componente importante de la condición de crecimiento es la fertilidad del suelo.

Existe evidencia empírica de que la diversidad de plantas es afectada por la fertilidad de los suelos. Mediante una revisión de datos de un estudio en Costa Rica, se encontró una correlación inversa entre nutrientes del suelo y riqueza de especies arbóreas (Huston, 1996). Esto más adelante se ve respaldado por estudios en la Amazonia donde grandes bosques muy productivos tienen bajos números de especies arbóreas, comparado con una parcela adyacente con arcillas pobres en nutrientes (Jordan, 1985). Por lo tanto, hipotetizamos que la diversidad de plantas puede ser afectada por la fertilidad del suelo.

Metodología

Selección del sitio de estudio

Nuestro sitio de estudio se localizó en el corredor biológico que conecta el área entre los parques nacionales Rincón de la Vieja y Volcán Cacao, Costa Rica. Las parcelas cuadradas de 10x10 m fueron seleccionadas basándose en tres características topográficas que incluyen: 1) terreno en pendiente, 2) llano en alta elevación y 3) llano de baja elevación. En cada una de esas áreas topográficas, seleccionamos parcelas con alto y bajo crecimiento de plantas (figura 1). Dieciocho meses antes de nuestra investigación, los encargados del corredor habían quemado el pasto africano estrella, cuyo denso crecimiento había inhibido la regeneración de especies leñosas. Seguido de la quema, el área fue arada y sembrada con una variedad de especies de árboles locales. El área fue también plantada con estacas de 1.5 m de *G. sepium* aproximadamente a un distanciamiento de 3 m. Altos y bajos crecimientos de plantas fueron visualmente valoradas con base en la altura de las plantas, color de la vegetación y éxito relativo de *G. sepium*. Se asumió que el rango de crecimiento de *G. sepium* fue un indicador de condiciones de crecimiento para cada parcela.

G. sepium fue usado en el plan de manejo para el corredor debido a su habilidad de generar un árbol a partir de un pedazo de poste de una rama viva plantada en el suelo. Como árboles plantados, estos compiten por medio de la sombra con el pasto y proveen percha para las aves, quienes incrementan la dispersión natural de semillas. Las estacas de *G. sepium* se plantaron para asistir los árboles plantados en competencia con el rápido crecimiento del pasto.



Observaciones de suelo fueron tomadas de parcelas cuadradas de 0.2 x 0.2 m, en el centro de las parcelas cuadradas de 10 x 10 m, a una profundidad promedio de 0.7 m. Del perfil de suelo se registraron los horizontes O (materia orgánica en la parte superior del suelo), A (humus), y B (depósito de arcillas); midiendo compactación en cada nivel del horizonte con un penetrómetro. Se usó un gráfico de color de suelos para determinar el color de suelo por cada perfil y para cada parcela (Tabla 1) (Munsell, 1994).

Análisis estadístico

Análisis de correlación fueron conducidos para comparar la relación entre el volumen de estacas, porcentaje de supervivencia de estacas por parcela, peso de biomasa fresca de pasto y la diversidad de plantas con el índice de Simpson. Dos análisis de regresión fueron conducidos comparando: 1) Índice de diversidad de Simpson y peso de biomasa fresca y 2) Índice de diversidad de Simpson y volumen de estacas. Se llevó a cabo una prueba de distribución de t entre las siguientes variables entre las parcelas caracterizadas por condiciones de buen crecimiento y de pobre crecimiento: el volumen de *G. sepium*, biomasa del pasto verde, e índice de diversidad. Originalmente, fue planeado un análisis de diversidad de Simpson contra calidad del suelo, pero no se ejecutó debido a que no se detectó diferencia en la calidad del suelo.

Plan experimental

En cada una de las seis parcelas se hicieron dos transectos diagonales de aproximadamente 15 m de longitud. A lo largo del transecto diagonal se usaron cuadrantes cada 5 m para medir diversidad. El tamaño de los cuadrantes fue de 0.25 m cuadrados. Todas las plantas que se encontraban arraigadas en la muestra fueron registradas, excepto el pasto africano estrella. Las especies que no pudieron ser identificadas en el campo se colocaron en prensas para muestras de plantas para compararlas con especímenes colectados e identificados previamente.

Para calcular lo nuevo, biomasa verde de *G. sepium* producida por las estacas, se midió la longitud de las ramas mas largas desde la base de la estaca a la punta del meristemo apical. Se midió también el diámetro de cada rama a la mitad de la longitud, en orden para extrapolar el volumen de las ramas de los árboles. Para el primer árbol con crecimiento inclinado, se midió el diámetro de la rama cada 10 cm a lo largo de toda la rama. Los puntos de datos se usaron para derivar una ecuación lineal ($y = mx + b$),

donde y es el diámetro de la rama y x la medida de longitud de la rama. Un valor conocido de x podría ser aplicado a alguna medida de longitud y producir un diámetro, el cual podría entonces ser usado para calcular el volumen neto de la rama. Tomando en consideración la relación negativa entre longitud de la rama de la estaca y el diámetro de la rama, se calculó el volumen de cada rama. Asumiendo que el espacio actual ocupado negativo y positivo por la rama es un cono teórico, la ecuación utilizada fue $V=(D/2)^2 L$, donde V es volumen, D es diámetro y L es longitud.

La sobrevivencia de estacas de *G. sepium* se midió a partir del total de árboles vivos, dividido entre el total de estacas observadas (vivas y muertas) y multiplicado por cien, en su orden para derivar un porcentaje. Para registrar la biomasa se tomó una muestra representativa del centro de la parcela cuadrada de 20 x 20 cm, se removió material vivo y muerto de todas las plantas. Se tomó el peso húmedo debido a la falta de acceso a un horno.

Resultados

No se encontró relación entre el índice de diversidad de Simpson y el volumen de las estacas (correlación $r=0.563$, valor de $p=0.2697$), o el peso de la biomasa de pasto fresco (correlación $r=-0.656$, valor de $p=0,1732$)(tabla 2). No hubo relación entre volumen de estacas y peso de biomasa de pasto fresco (correlación: $r=0.276$, valor de $p=0.1732$). Tampoco se encontró asociación entre el volumen de estacas y la sobrevivencia de estas (correlación: $r=0.699$, valor de $p=0.1342$) o entre la biomasa de pasto y la sobrevivencia de estacas (correlación $r=0,485$, valor de $p=0,3587$). Se realizó un análisis de regresión de diversidad de especies y el volumen de estacas resultando insignificativo ($y=-0.003x + 0.83$; $p=0,2447$).

Biomasa y diversidad no se relacionan ($y= -0.0007x + 0,817$; $p=0,4961$). se encontró una diferencia entre el volumen de estacas de *G. sepium* en la buena y mala condición de crecimiento ($g_1=4$, $t=6.241$, $p=0,0034$). En la parcela con pendiente y la parcela en llanura alta con alto crecimiento de plantas, el índice de diversidad es más bajo que en las parcelas de pobre crecimiento, en estas muestras topográficas (tabla 3).

El llano en la parte alta con bajo crecimiento de plantas y el llano en la parte baja con alto crecimiento de plantas mostraron la diversidad más alta ($1-D=0.8$). La



diversidad más baja se encontró en el llano de la parte alta con alto crecimiento de plantas ($i-D=0,2$) (tabla 3). La especie encontrada con mayor frecuencia fue *Hydrocotyle* sp de la familia Haloragidaceae, mientras que la especie más abundante que se encontró fue *Hyptis* sp 2, de la familia Labiataceae. Algunas de las especies más raras que se encontraron son de las familias Cyperaceae, Rubiaceae y Asteraceae (tabla 4).

El estudio preliminar de suelos realizado no reveló diferencias (tabla 1). En esta la pendiente con alto crecimiento el suelo que se encuentra en la capa alta del horizonte A fue negra, lo que indica un alto contenido de materia orgánica (tabla 1). la capa baja del horizonte fue un café grisáceo oscuro lo que indicó alta cantidad de arcillas con óxidos de hierro y aluminio y un pobre drenaje. En el horizonte B, un color café oscuro indicó un alto contenido de materia orgánica. La parcela en pendiente con pobre crecimiento contiene menos materia orgánica que en el área de alto crecimiento. El llano alto con alto crecimiento y bajo crecimiento mostraron un alto contenido de óxidos de hierro, lo cual indica suelos viejos. En el llano bajo con alto crecimiento, un alto contenido de hierro hidratado indicó suelos viejos con buen drenaje. De acuerdo con el color del suelo, en el llano bajo con bajo crecimiento se encontró que tiene el más alto contenido de materia orgánica.

Discusión

La hipótesis principal de este estudio pronostica que una alta diversidad puede ser encontrada en áreas con condiciones de pobre crecimiento. Nosotros definimos las condiciones de crecimiento por los factores ecológicos que influyen positiva o negativamente el crecimiento de las plantas. La diferencia significativa entre el volumen de estacas de *G. sepium* en buenas y malas condiciones de crecimiento indicó que nosotros valoramos exactamente el estado de las condiciones de crecimiento. Debido a que la penetración del suelo no arrojó diferencias significativas entre alto y bajo crecimiento, este no se considera un factor limitante en las condiciones para un buen crecimiento (tabla 1). Esto es contrario a nuestras expectativas, donde la variación en el crecimiento de las plantas indicaba diferencias en la calidad de suelos. Las observaciones de suelo, igual al análisis de color y las mediciones con el penetrómetro fueron inconcluyentes, debido a la falta de diferenciación entre parcelas. Se recomiendan análisis más sofisticados de suelos para el futuro.

La correlación negativa entre diversidad y condiciones de crecimiento no se respaldó por la prueba de Fisher F a z para correlaciones (tabla 2). Estos resultados marginales se deben probablemente a un número insuficiente de cuadrantes tomados para determinar la diversidad de plantas (Huston, 1996).

Partiendo de que hubo un tratamiento parejo en los tratamientos antes de la siembra, concluimos que los factores abióticos causaron la variación entre el crecimiento vegetal y la composición. Hipotetizamos que la topografía del terreno era un factor importante que afectaba las condiciones de crecimiento, porque el lado de pendiente en la colina expuesta a la dirección prevaleciente del viento, puede aumentar la desecación. La topografía en la pendiente probablemente incrementa la erosión durante los periodos de lluvia siguientes a la preparación del terreno, lo cual a menudo se correlaciona con la pérdida por fuga de nutrientes. Debido a la topografía de las áreas llanas, las parcelas en el llano alto se asumió que están sujetas a una erosión menor, lo que resulta en una mayor retención de materia orgánica. La erosión y fuga de nutrientes fué minimizado probablemente por el crecimiento del tapete de raíces del pasto africano estrella (*C. aethiopicus*), como la planta regenerada en los suelos disturbados.

La humedad del suelo es otro factor importante que afecta las condiciones de crecimiento. Esta puede haber estado disminuyendo tanto por factores físicos como erosión, exposición excesiva al sol y desecación por viento. Esto se hipotetizó que lo observado, alta densidad de crecimiento en las parcelas de la tierra baja fue mayormente provocado por la alta humedad del suelo. Esto se puede explicar por la localización topográfica de las parcelas existentes en un valle. Los valles generalmente reciben comparativamente horas limitadas de luz solar, lo que disminuye el ritmo de desecación del suelo. En combinación con el el mínimo de luz solar, el valle se encuentra protegido del viento, reduciendo el ritmo de transpiración de las hojas. También un bajo suministro de radiación solar puede haber resultado en una mejor competencia por luz y subsecuentemente ramas altas y delgadas. La parte baja del valle puede estar expuesto a un nivel más alto de la lámina de agua e inundaciones periódicas, lo que resulta en una mayor humedad del suelo comparativamente.

Existen dos posibles explicaciones para la alta diversidad encontrada en la parcela de llano alto con bajo crecimiento. Primero, la alta diversidad puede haber resultado de la composición del material parental y depósito de nutrientes expresado en la alta cantidad de aluminio o niveles extremos de pH. Segundo, el arado de terreno en una

pendiente contra una área plana, puede haber causado movimiento de materiales dando suelos poco profundos, lo que resulta en pérdida de la aireación del suelo y una alta densidad de la masa. Comoquiera, las lecturas del penetrómetro contradicen esta hipótesis.

De acuerdo con Brewer (1982) si se tomó una buena cantidad de muestras, la cantidad de especies debe nivelarse en una curva de especies (figura 2-7). Comoquiera, en parcelación el número acumulado de especies en comparación con los transectos individuales, determinó que no se tomaron bastantes muestras de todas las parcelas para reflejar las especies raras presentes. La parcela en pendiente con alto crecimiento de plantas y la parcela de elevación baja con buen crecimiento de plantas, fueron una excepción (figuras 5 y 7). Si el método de muestreo dentro del área de 0.25 m cuadrados se corrigió para incluir todas las partes de la planta que entraron en el cuadro, esto puede haber descubierto que las áreas muestreadas adentro de una parcela necesaria no se aumentó.

En resumen podemos señalar diversos asuntos de interés en el manejo forestal del corredor. Primero, ahí existen factores de primaria importancia para el crecimiento de las plantas y la diversidad, lo que está relacionado con características particulares de suelo (Huston 1996). En áreas donde los factores topografía, suelo y humedad aparentan ser similares, se observaron diversas diferencias. Por ejemplo, ni a cinco metros fuera de las parcelas con los niveles más altos registrados de diversidad, el crecimiento del pasto fué similar a cualquier otro sitio de alto crecimiento. Estos severos contrastes podrían ser causados por variabilidad en el suelo, niveles de disponibilidad de nutrientes y/o arado inconsistente, el cual podría por lo tanto afectar el éxito y crecimiento del *G. sepium*, pero la alta biomasa de pasto, tal como las áreas de tierras bajas, puede beneficiarse de la eliminación manual del pasto alrededor de las estacas o la introducción de ganado para remover el pasto. En el área de llano alto, *Trema* spp. se observó al dominar los tres metros de altura de copas proveyendo sombra lo que puede haber sido la causa del bajo crecimiento de biomasa y en consecuencia el éxito del *G. sepium* en esa área. Se observó también que en el terreno de llano alto, donde las especies de sucesión tardía (*Trema* spp.) fueron capaces de competir efectivamente con el pasto, el crecimiento de *G. sepium* mejoró marcadamente. Esto podría sugerir que la propagación intencional de especies, que puedan competir más efectivamente con los pastizales puede ser beneficioso para el proceso de restauración de un ecosistema forestal.



Referencias

Huston, Michael A. 1996. Biological Diversity, Cambridge Univ. Press. pg. 512-526.

Brewer, Richard y McCann. 1982. Laboratory and Field Manual of Ecology, CBS College Publishing. pg. 50-52.

Janzen, Daniel H. 1983. Costa Rican Natural History. Univ. Chicago Press. pg. 245.

Munsell. 1994. The Munsell Soil Chart. Macbeth División of Kollmorgan Instruments Corporation. New Windsor, NY

Purves, W., Orians, GH., Heller, HC., 1995. Life: The science of Biology. Sinauer Assoc. Inc. WH Freeman and Co.

Schelhas, John and Greenberg, R. 1996. Forest Patches in Tropical Landscapes. pg. 187-189, 270.

Agradecimientos

Nos gustaría agradecer a Felix Carmona por trabajar horas muy duras con nosotros, ayudándonos a recolectar nuestros datos y darnos información muy útil acerca de esta área. Nos gustaría agradecer a Martha Rosemeyer por su guía en consideraciones prácticas usadas para coleccionar los datos para responder las preguntas. Nosotros también damos gracias a Ronald Gonzales por su generosa información acerca de suelos y por su dura labor en el campo.

