

Gasto

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

MONOGRAFIA TECNICO-CIENTIFICA

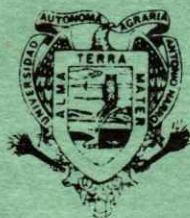
VOLUMEN 2

NUMERO 4

Juan Gasto

ESTRATEGIAS DE TRANSFORMACION DEL ECOSISTEMA
ARIDO
OPERADORES Y ALGORITMOS

ROBERTO CANDIA
JUAN GASTO C.
ROBERTO ARMIJO T.
ROBERTO NAVA C.



JUNIO, 1976
SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

MONOGRAFIA TECNICO-CIENTIFICA

VOLUMEN 2 NUMERO 4

ESTRATEGIAS DE TRANSFORMACION DEL ECOSISTEMA ARIDO
OPERADORES Y ALGORITMOS

ROBERTO CANDIA
JUAN GASTO C.
ROBERTO ARMIJO T.
ROBERTO NAVA C.

JUNIO, 1976
SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

I N D I C E

	Página
INTRODUCCION	250
ANTECEDENTES	252
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	256
Génesis de la arquitectura. Concepto general ..	259
Estado actual	267
Hipótesis de diagnóstico	298
Transformación	299
RESULTADOS	313
DISCUSION	345
CONCLUSIONES	352
RESUMEN	354
SUMMARY	355
BIBLIOGRAFIA	357
APENDICE	361
Nombre científico de las especies mencionadas y símbolo alfanumérico	361
Programa codificado para el cálculo del tiempo requerido para una población arbitraria ocupar el 90% de la capacidad sustentadora total	362
Programa de la calculadora HP-25	363

ESTADÍSTICA DE TRANSFORMACION DEL ECOSISTEMA
ARIDAS, SEMI-ARIDAS Y ALBORTIMOS

ROBERTO CANOIA *
JUAN GASTO **
ROBERTO ARRIOLA ***
ROBERTO GAYO ****

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

Este libro es parte de un ciclo de
publicaciones que se están realizando y
modificando como un todo y se publica
en el orden siguiente.

Ginebra, 1977.

El presente trabajo fué realizado dentro del
Proyecto Especial de Desarrollo de Zonas Ari
das y Semi-áridas de la Organización de Esta
dos Americanos.

Proyecto de Investigación del Campo Experimental Norte
de Guadalupe, Tacatates de la Universidad Autónoma Agrá
ria "Antonio Nariño".

Ingeniero agrónomo, Investigador del Instituto Argentino
de Investigaciones de Zonas Áridas, Mendoza, Argentina.
Secretario de la OEA por el Proyecto Especial de Zonas Áridas.

Ingeniero agrónomo, M.S., Ph.D. Profesor de Ecología y de
Manejo de Pastizales, Departamento de Recursos Naturales
Renovables, U.S.A.

Físico-Matemático, M.S. en Ciencias, Ingeniero de Sist
emas y Matemáticas aplicadas, Departamento de Recursos Na
turales Renovables, U.S.A.

Ingeniera agrónomo, Profesor de Climatología e Investiga
dor en Ecología y Pastizales, Departamento de Recursos Na
turales Renovables, U.S.A.

ESTRATEGIAS DE TRANSFORMACION DEL ECOSISTEMA
ARIDO. OPERADORES Y ALGORITMOS°

ROBERTO CANDIA *
JUAN GASTO C. **
ROBERTO ARMIJO ***
ROBERTO NAVA C. ****

I N T R O D U C C I O N

... el hombre es parte de un medio complejo que debe estudiarse, tratarse y modificarse como un todo y no sobre la base de proyectos aislados.

Odum, 1972.

El hombre, desde su aparición sobre la tierra, influyó sobre el ecosistema del cual formaba parte modelando a través de su acción el proceso evolutivo natural.

-
- ° Proyecto de Investigación del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".
- * Ingeniero agrónomo, Investigador del Instituto Argentino de Investigaciones de Zonas Áridas, Mendoza, Argentina. Becario de la OEA por el Proyecto Especial de Zonas Áridas.
- ** Ingeniero agrónomo, M.S., Ph.D. Profesor de Ecología y de Manejo de Pastizales. Departamento de Recursos Naturales Renovables. UAAAN.
- *** Físico-Matemático, M.S. en Ciencias. Ingeniería de Sistemas y Matemáticas aplicadas. Departamento de Recursos Naturales Renovables. UAAAN.
- **** Ingeniero agrónomo, Profesor de Climatología e Investigador en Ecología y Pastizales. Departamento de Recursos Naturales Renovables. UAAAN.

La presión antropogénica se agudizó con el tiempo debido a la aplicación incontrolada de operadores de transformación como son la extracción de esquilmos y la ganadería; como consecuencia de ello existen, en la actualidad, áreas con diversos grados de deterioro y algunas de difícil recuperación.

La labor principal del actual profesional del agro debería ser la de estudiar alternativas de transformación a través de operadores orientados y programados que, sin volver a un primitivismo, le permita hacer de ellos ecosistemas de producción sostenida, con fines antropogénicos.

El manejo de los recursos naturales, en los distintos países, requiere de estrategias distintas; estas estarán determinadas por el grado de uso de los ecosistemas, los medios con que se cuenta para la transformación requerida y los posibles beneficios que la transformación brinde al hombre organizado como elemento integral del ecosistema.

Debe evitarse la insistencia en trasladar estrategias de mejoramiento de ecosistemas que son, en esencia, muy distintos a los que se pretende mejorar.

La necesidad de contar con un marco metodológico general, dentro de las ciencias del agro, que les permita iniciar la búsqueda de soluciones prácticas a través de planteamientos científicos y con un dominio mayor de aplicabilidad, es, en la actualidad, de las tareas prioritarias a desarrollar.

ANTECEDENTES

Una de las mayores dificultades que encuentran los especialistas en ciencias silvoagropecuarias es definir y de limitar la unidad ecológica con la cual se trabaja. Ello es en sí un problema básico que debe ser resuelto con anterioridad al estudio detallista de cada uno de los elementos que componen esta unidad.

La transformación silvoagropecuaria de la biósfera terráquea ha sido un proceso exploratorio que ha conducido al desarrollo de nuevas arquitecturas ecosistémicas. En algunos intentos se ha tenido éxito en desarrollar estructuras ecosistémicas mejor adaptadas, estables y productivas, pero en otros solo se ha logrado destruir el ecotopo o transformar la biocenosis en otras dominadas por organismos de menor interés antropogénico dentro del ecosistema estudiado. (Mangenot, 1963 y Thomson, 1970).

La transformación de los ecosistemas se ha caracterizado, en general, por las distintas estrategias o estilos utilizados. Estas estrategias se pueden agrupar de la siguiente forma:

cosechar y dejar el rastrojo,
transformar por analogía con otras zonas,
no hacer ninguna transformación.

No se ha considerado, sin embargo, la estrategia de plantear de una manera sistemática el proceso de transformación.

Es necesario, como requisito previo a la transformación del ecosistema en sí, tener un marco conceptual general que permita plantear los elementos necesarios para producir el cambio deseado. Asimismo, se requiere definir el ecosistema origen, determinar su estado actual, y elegir dentro de todas las alternativas de estados óptimos, aquel que sea de mayor conveniencia antropogénica (Gastó, Armijo y Nava, 1976).

Este proceso, que aparentemente es de lo más simple, requiere ser planteado cuidadosamente, previo a la ejecución de la transformación. El planteamiento se efectúa a través de la elaboración de algoritmos de transformación en los cuales se expliciten las etapas analíticas de desenvolvimiento.

El algoritmo de transformación es una representación analógica del proceso real que permite penetrar dentro del dominio de la predicción de eventos, y simular una amplia gama de alternativas de transformación para seleccionar aquella más próxima al estado meta óptimo.

En la práctica es necesario ejecutar el algoritmo analógico de manera tal que se provoque el cambio de estado del ecosistema origen, dirigido hacia su estado meta u óptimo.

Esta operación involucra la aplicación de energía y materia, siguiéndose una estrategia, definida previamente en el algoritmo. El concepto de operador funcional involucra la aplicación de cierto trabajo regido por una estrategia definida, de tal manera que provoque el cambio de estado programado.

La transformación de ecosistemas acaece constantemente en los componentes del ecosistema origen, no requiriéndose de parte de quién realiza esta transformación de un conocimiento científico.

Por lo anterior, el presente trabajo intenta plantear dentro de un marco conceptual metodológico, las transformaciones que tiendan a optimizar la arquitectura y funcionamiento de los ecosistemas. Específicamente, se presentan algunos casos de transformación de ecosistemas del árido, proponiéndose distintos algoritmos para cambiar la arquitectura actual en otra más deseable.

El planteamiento está orientado, tanto a la determinación de los parámetros que se requieren medir, como al

establecimiento de rutas y operadores funcionales que permitan alcanzar los objetivos fijados, con el menor esfuerzo y la mayor probabilidad de éxito.

En la resolución del problema planteado se ha requerido estimar valores de algunos parámetros involucrados en los cálculos, con el objeto de ejemplarizar el procedimiento a seguir.

Hasta el presente, todos los trabajos que se realizan en el árido finalizan en la determinación de algunos parámetros referidos a la fitocenosis o bien en la descripción botánica de dicho ecosistema, que si bien es básica para su conocimiento, no ha sido complementada por estudios referentes al cambio de arquitectura que permita maximizar su potencial de uso.

La continuación del hombre sobre la tierra no dependerá de una actitud naturalista o conservacionista frente al complejo de ecosistemas que lo rodean ni de la actual actitud de explotación irracional, sino más bien de la transformación de ellos, con base científica, a modelos optimizados para el aprovechamiento humano.

En ciencias silvoagropecuarias, la transformación del estado del ecosistema, debe diseñarse de modo tal que permita pronosticar el cambio de estado. Lo anterior considera que el estado resultante es una consecuencia probabilística de la aplicación de un operador.

En la actualidad, no se conocen las características que debe reunir el estado óptimo de un ecosistema, ni la ruta correcta para la aplicación de los operadores funcionales necesarios en la transformación de su arquitectura y tornarlo así productivo. Los operadores de cambio de estado no han sido cuantificados y no existe literatura que presente formalmente el problema, por lo tanto, la cuantificación de los parámetros involucrados en los operadores de transformación, las posibles rutas a seguir y la secuencia ordenada de estas acciones representan el punto de partida para la pla-

nificación de los cambios de estado de los ecosistemas. Asimismo, se requiere conocer la génesis de la arquitectura para poner de manifiesto los procesos evolutivos del ecotopo y la biocenosis, permitiendo orientar la transformación requerida hacia el estado meta.

Se considera, que sin estos elementos, el desarrollo de la ciencia silvoagropecuaria no podrá llevarse a cabo y alcanzar el lugar que, como tal, le corresponde.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la resolución de problemas silvoagropecuarios la etapa de planteamiento de los mismos, representa en general, una de las etapas más críticas y de la cual depende el éxito de la solución misma. La inexistencia de una dialéctica de aplicación general, y por consiguiente, la indefinición de ciertos conceptos básicos, provocan situaciones oscuras de las cuales no es posible inferir lineamientos de aplicación general.

En base a lo anterior, se considera pertinente explicitar y definir ciertos conceptos básicos, y generales bajo los cuales se enmarcará el planteamiento y la solución.

El ecosistema es un arreglo de componentes bióticos y abióticos, o un conjunto o colección de elementos que están conectados o relacionados de manera que actúan o constituyen una unidad o un todo. Conexión y relación en cualquier sistema dinámico significa transporte de materia, energía e información (Becht, 1974; Distefano et al., 1967; Odum 1972; Maynez, Armijo y Gastó, 1975).

El estado del ecosistema origen E_i^j está definido por:

$$\rho = \rho(\epsilon, \beta) \dots\dots\dots(1)$$

$$\beta = \beta(\epsilon, \Lambda) \dots\dots\dots(2)$$

$$\Lambda = \Lambda(\eta, \sigma) ; \quad \sigma = \sigma(\eta) \dots\dots\dots(3)$$

Estas ecuaciones generales determinan el estado de un sistema en términos de:

- su estímulo ϵ
- el comportamiento β , y
- su arquitectura Λ , determinada ésta a la vez, por su arreglo topológico σ , y
- el número y dimensión de los componentes η .

Cabe mencionarse que tanto ρ , β y Λ dependen implícitamente del tiempo y en su acepción más amplia representan procesos estocásticos (Figura 1).

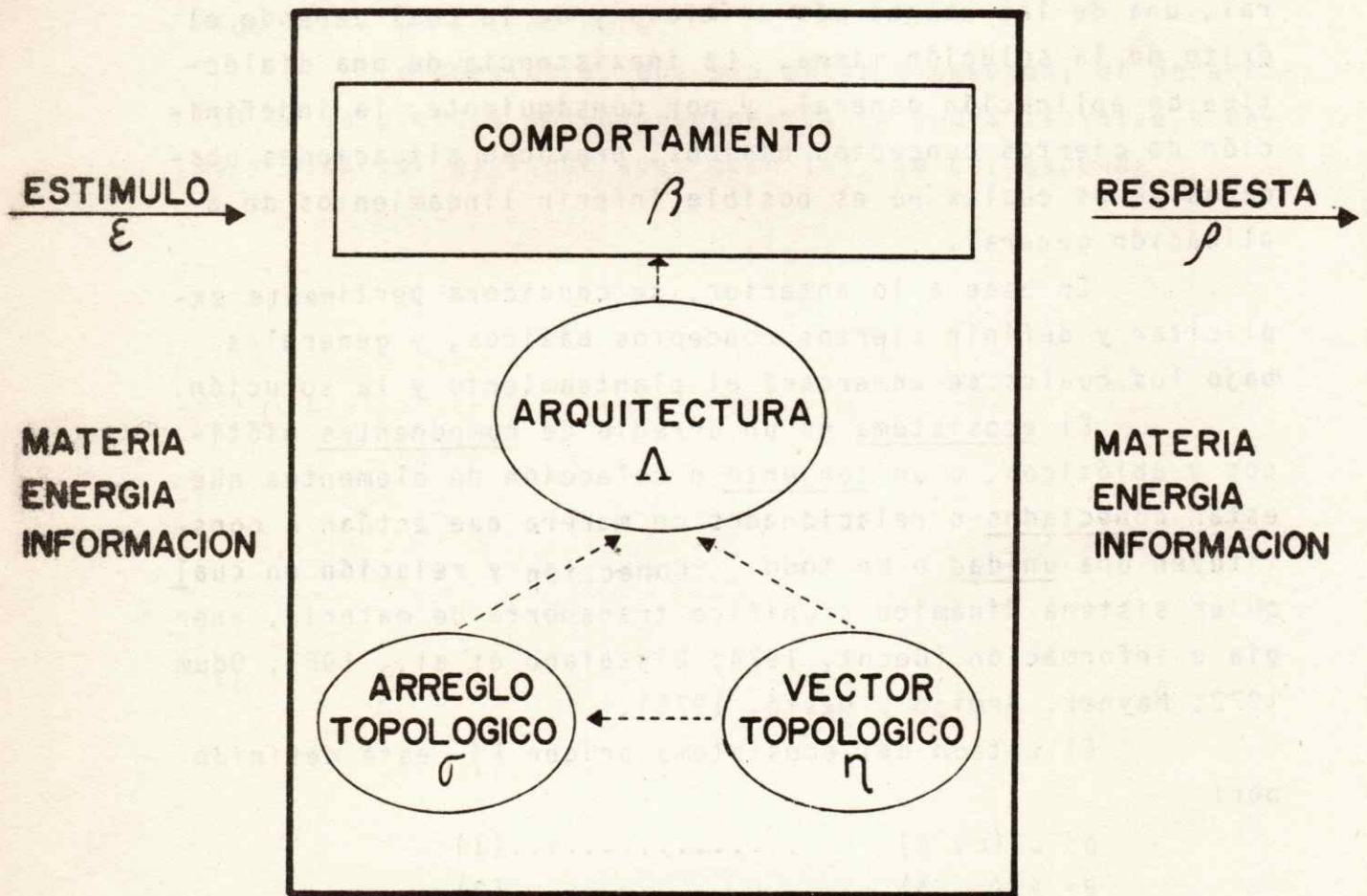


Figura 1. Modelo homomórfico del ecosistema origen y sus componentes homomórficos.

En términos generales, se puede afirmar que los ecosistemas dependen en su comportamiento tanto de su arquitectura o anatomía y morfología como de su funcionamiento o fisiología que fija, junto con los estímulos, la respuesta del sistema.

El estado del sistema silvoagropecuario puede fluctuar dentro de márgenes muy amplios, pero su organización y manejo debe ser el resultado del estudio detenido de su estado inicial y de su transformación, llevada a cabo con un criterio de optimización antropogénica (Maynez, Armijo y Gastó, 1975).

En los ecosistemas naturales, después de un período prolongado de explotación, la resultante puede ser la retrogradación del ecosistema natural y su transformación en estados inferiores que, a menudo, se caracterizan por la dominancia de especies invasoras deseables y por la destrucción del ecotopo.

El ecosistema origen E_i^j está integrado por cuatro componentes, que son a su vez ecosistemas en otro nivel de integración:

E_{S_i}	ecosistema silvoagropecuario
E_{A_i}	ecosistema ambiente incidente
E_{H_i}	ecosistema hombre organizado
E_{I_i}	ecosistemas incidentes

El estado de cada uno de estos componentes está definido por las mismas formas funcionales dado por las ecuaciones (1)..(3); en otras palabras, E_{S_i} está definido por:

$$\begin{aligned} \rho_S &= \rho_S (e_S, \beta_S) \\ \beta_S &= \beta_S (e_S, \lambda_S) \\ \lambda_S &= \lambda_S (r_S, \sigma_S); \sigma_S = \sigma_S (n_S) \text{ y similarmente} \end{aligned}$$

para $E_{A_i}, E_{H_i}, E_{I_i}$.

En base a lo anterior, el ecosistema origen E_i^j se puede considerar como:

$$E_i^j = \{E_{S_i}, E_{H_i}, E_{A_i}, E_{I_i}\} \dots \dots \dots (4)$$

tal que los componentes estén conectados entre sí de manera que el conjunto actúe como una unidad.

Las conexiones de los componentes $E_{S_i}, E_{H_i}, E_{A_i}, E_{I_i}$ están regidas por cierta forma funcional ϕ que relaciona el estímulo ϵ de cada componente con las respuestas es decir:

$$\begin{aligned} \epsilon_S &= \phi_S (\rho_S, \rho_H, \rho_A, \rho_I) \\ \epsilon_H &= \phi_H (\rho_S, \rho_H, \rho_A, \rho_I) \\ \epsilon_A &= \phi_A (\rho_S, \rho_H, \rho_A, \rho_I) \\ \epsilon_I &= \phi_I (\rho_S, \rho_H, \rho_A, \rho_I) \dots \dots \dots (5) \end{aligned}$$

En general, dado que el ecosistema origen está integrado por cuatro componentes, es posible efectuar su transformación ($E_i \rightarrow E_k$) modificando cualquiera de ellos o al estímulo que se recibe del exterior.

El comportamiento (β) del ecosistema origen, puede modificarse al cambiar:

el arreglo topológico (σ), o

las dimensiones (n) de sus componentes (Armijo, Nava y Gastó, 1976).

Génesis de la arquitectura. Concepto general.

Génesis de la arquitectura puede ser definida como el proceso de cambio de las variables de estado del ecosistema en el tiempo. El objetivo básico del estudio de la génesis es descubrir las funciones generales de cambio de cada variables en el tiempo.

De la dilucidación de la génesis de la arquitectura es factible plantear los siguientes problemas:

1. Determinación de la arquitectura que produzca el comportamiento deseado para un estímulo dado.
2. Provocar una génesis de la arquitectura que permita alcanzar el estado meta que produzca el comportamiento requerido.

En general la génesis de la arquitectura representa el conjunto de operadores de transformación ordenados y utilizados bajo ciertas estrategias que generan los cambios de estado prescritos.

En el esclarecimiento del proceso de génesis se requiere establecer la singenética del ecosistema, y fundamentalmente, las sucesiones ecológicas. El término sucesión se refiere al proceso de cambio en el tiempo, del ecosistema, y ha sido uno de los problemas más importantes que ha intentado explicar la Ecología. La sucesión conjunta de comunidades que se substituyen una a otra en un área determinada se designa como seres. Las etapas de desarrollo o etapas de exploración se designan serales y el sistema estabilizado final se designa como clímax.

La substitución de las especies en el sere tiene lugar porque las poblaciones tienden a modificar el medio físico, creando condiciones favorables para otras poblaciones hasta que se haya logrado un equilibrio entre las comunidades bióticas y abióticas.

Se analizarán los conceptos dados por distintos autores con referencia al tema de las sucesiones.

Odum-Pinkerton (1955), señalaron que la sucesión implica un desplazamiento fundamental en las corrientes de energía, a medida que la energía en aumento es relegada al mantenimiento. Teóricamente, la causa instantánea de la sucesión es la producción, almacenamiento y descomposición de la biomasa en un momento y lugar determinado y el efecto que estos procesos tienen sobre las características físicas y químicas del ecotopo.

Este proceso, es el efecto de una causa en un instante posterior y cuyo estado resultante es función de sus estados anteriores y de estímulos recibidos. Whittaker (1953), concluye que la sucesión no ocurre como una serie de etapas bien definidas, sino como un cambio direccional continuo, irregular, altamente variable a través del tiempo, que carece de orden o uniformidad en sus detalles, aunque se caracteriza por presentar ciertas tendencias generales bastante uniformes. Es decir, considera a la sucesión como un proceso evolutivo que culmina en una comunidad clímax de características definidas. Kershaw (1973), establece que si la sucesión ha de ser un concepto útil, es conveniente considerar como sucesional cualquier cambio direccional ya sea debido a las propiedades intrínsecas de los organismos, o a los factores ambientales. Margalef (1968), propuso distribuir grados de madurez a las distintas etapas o fases de la sucesión. El clímax representa el grado de mayor madurez para esa sucesión, sin que implique que sea el límite superior de madurez ni que su valor sea necesariamente muy alto, por lo cual es posible considerar algunos ecosistemas modificados por la actividad humana como más maduros que algunos no perturbados.

La sucesión puede ser progresiva si la tendencia del cambio de las características del ecosistema es hacia el clímax, a través de un proceso de autoorganización o maduración gradual continua. La sucesión retrogresiva o regresión es aquella en la que la actividad del hombre o alguna fuerza externa al ecosistema ocasiona cambios de estado, generalmente bruscos, hacia etapas menos avanzadas o maduras de la sucesión (Margalef, 1968).

Odum (1969), establece que la sucesión puede definirse por las tres características siguientes:

1. Es un proceso de desarrollo de la comunidad que comprende cambios en la estructura de la especie y en los procesos de aquella, con el tiempo; es razonablemente orientado y, por consiguiente

predecible.

2. Resulta de la modificación del medio físico por la comunidad, esto es: la sucesión está controlada por la comunidad, pese a que el medio físico condicione el tiempo y la velocidad del cambio y ponga a menudo límites a la posibilidad del desarrollo.
3. Culmina con un ecosistema estabilizado en el que mantienen, por unidad de corriente de energía disponible, un grado máximo de biomasa o de alto contenido de información y de función simbiótica entre organismos.

La sucesión tiende hacia un límite, un estado final en equilibrio con el medio exterior y estabilizado interiormente, es decir, se conserva la proporción de las distintas especies a través del tiempo y el reciclado de los elementos funciona regularmente. Este estado final hipotético se denomina clímax (Terradas, 1971). Clements (1928) considera en su teoría del monoclímax, y afirma que en una área con características climáticas uniformes todas las comunidades presentes tienden a converger en una unidad estable de vegetación determinada por el clima.

El mismo autor definió estados intermedios en los que puede hallarse un ecosistema, antes de alcanzar el clímax: ser-clímax, preclímax.

En cambio, algunos autores, prefieren apoyarse en la teoría del policlímax que establece que para una misma región puede existir diversos clímax determinados por diversos factores como las distintas formaciones geomorfológicas que influyen en forma más acentuada que el clima.

Trabajos realizados por (Whitaker, 1953; Shimwell, 1971), establecen la teoría del continuum o gradiente ambiental afirmando que no hay un clímax absoluto, cada punto del terreno tiene uno distinto. La comunidad más ampliamente distribuida se considera como la comunidad clímax de la región.

En el curso de la sucesión ocurren modificaciones de

las características estructurales y funcionales de los ecosistemas; ellas son principalmente:

1. Aumento de la diversidad hasta un punto avanzado de la sucesión, posteriormente disminuyendo su valor (Odum, 1969; Margalef, 1968, 1974).
2. Aumento de la biomasa total, especialmente de las porciones menos activas, disminuyendo productividad, es decir, el cociente producción y biomasa (Whittaker, 1953; Odum, 1969; Margalef 1968, 1974).
3. Disminución de aquellas especies que, al iniciarse la sucesión, predominan por su estrategia de un crecimiento rápido, vida breve y que deja muchos descendientes, la mayoría de los cuales mueren antes de reproducirse, y con capacidad de dispersarse. Paralelamente hay un aumento de especies que producen una máxima acumulación de biomasa, y que pueden sobrevivir con pocos recursos (Margalef, 1974). Estas últimas disminuyen su número de semillas ya que aumentan sus probabilidades de germinación al utilizar procedimientos especializados y seguros en su diseminación, como insectos o animales.
4. Disminución de la concentración de la dominancia (Margalef, 1974; Mellinger y McNaughton 1975).

Teniendo en cuenta la "Ley del tránsito en una dirección" (Zohary, 1971), las especies leñosas originadas en climas de mayor aridez tienen mayores probabilidades de migrar hacia habitats más húmedos como son la bajada y el bolsón, en cambio las especies que viven en este último habitat, difícilmente tienden a ocupar áreas de mayor aridez.

Ampliando este aspecto, es factible, que, arbustos de los géneros Prosopis, Juniperus, Larrea y otros, limitaban su existencia

a las partes altas del terreno y a través de cauces o canales fueron invadiendo los conos de deyección que terminaban en las partes más bajas, desde allí se extendieron hacia los valles dominados por pastizales donde encontraron mejores condiciones del ecotopo y compitieron por los recursos, con las especies de dicha comunidad.

Estos arbustos, por haber sobrevivido en ambientes más xéricos, desarrollaron estrategias que le permitieron sobrevivir ante condiciones adversas como las sequías.

Paralelamente a ello debe considerarse que el arbusto produce mayor tejido de sostén y menor cantidad de hojas, estando menos expuestos al sobreuso; en cambio, las gramíneas utilizan los recursos para producir tejido tierno y están más expuestas.

Densidad y estabilidad son términos usados comúnmente en ecología para expresar aspectos de la organización de ecosistemas y pueden ser medidos (Margalef, 1968). La diversidad está relacionada con la distribución de la biomasa presente y tuvo sus raíces en la consideración de la riqueza y variedad de especies en una comunidad. Puede ser expresada por una función monótona la que tiene un mínimo cuando todos los elementos pertenecen a la misma clase y un máximo cuando todos ellos pertenecen a diferentes clases. En la naturaleza ocurre que a mayor diversidad del sistema existe, a menudo, mayor estabilidad (Margalef, 1968).

Se podría agregar que si hubiera un solo fenotipo o especie apta con capacidad para ocupar todos los nichos, existiría esa sola especie, pero la heterogeneidad natural del ambiente hace también a la heterogeneidad de especies; la plasticidad tiene un límite. Cada especie desarrolló una estrategia para sobrevivir que tuviera poco en común con el resto de especies o bien que ello permitiera dominar a aquellas y ocupar sus nichos. La selección natural tiende a maximizar el uso eficiente de la energía, y en el tiempo los

fenotipos o especies más eficientes obtienen más energía cuando el recurso es escaso, ejemplo: los arbustos con raíces profundas compiten con ventaja con las gramíneas por el recurso agua, en caso de sequía. Es importante además considerar en forma breve, modelos de estrategias adaptativas que pueden aplicarse a especies clímax e invasoras. Considerando un ambiente que consta de dos distintos tipos de suelo, o pendientes, se podría medir la aptitud de cada una de las dos especies para desarrollarse en los dos terrenos distintos (Orians 1973). Si se grafica lo anterior fijándose la posición de cada especie como un punto en el mismo, donde los ejes son, respectivamente, aptitud en el terreno 1 y aptitud en el terreno 2 (Figura 2). A manera de ejemplo se puede considerar las siguientes especies: Larrea tridentata y Bouteloua karwinskii. El terreno 1 con características por un suelo franco y profundo de valle. El terreno 2 se caracteriza por un suelo pedregoso con pendiente. De la Figura 3 se puede observar que: La especie no tiene ajuste en ninguno de los dos terrenos. Bouteloua karwinskii como especie b, muestra ajuste al terreno con suelo de valle, franco profundo. Larrea tridentata como especie c y d, muestran un ajuste alto en ambos terrenos.

Esto puede explicar, en parte, el carácter invasor de Larrea en los pastizales del valle.

Otras evidencias como las que presenta Orians (1973), permiten interpretar el carácter invasor de especies fotosintetizadora en base a las estrategias de la distribución de hojas. Cuando los estratos se mantienen separados, respecto al diámetro de las hojas, estos sirven como filtros de densidad uniforme; luego, una proporción de la luz incidente pasa a través del primer estrato. De esa proporción solo una parte pasa al segundo y así sucesivamente.

De lo anterior se puede concluir que la eficiencia para el aprovechamiento de la energía solar, en el proceso

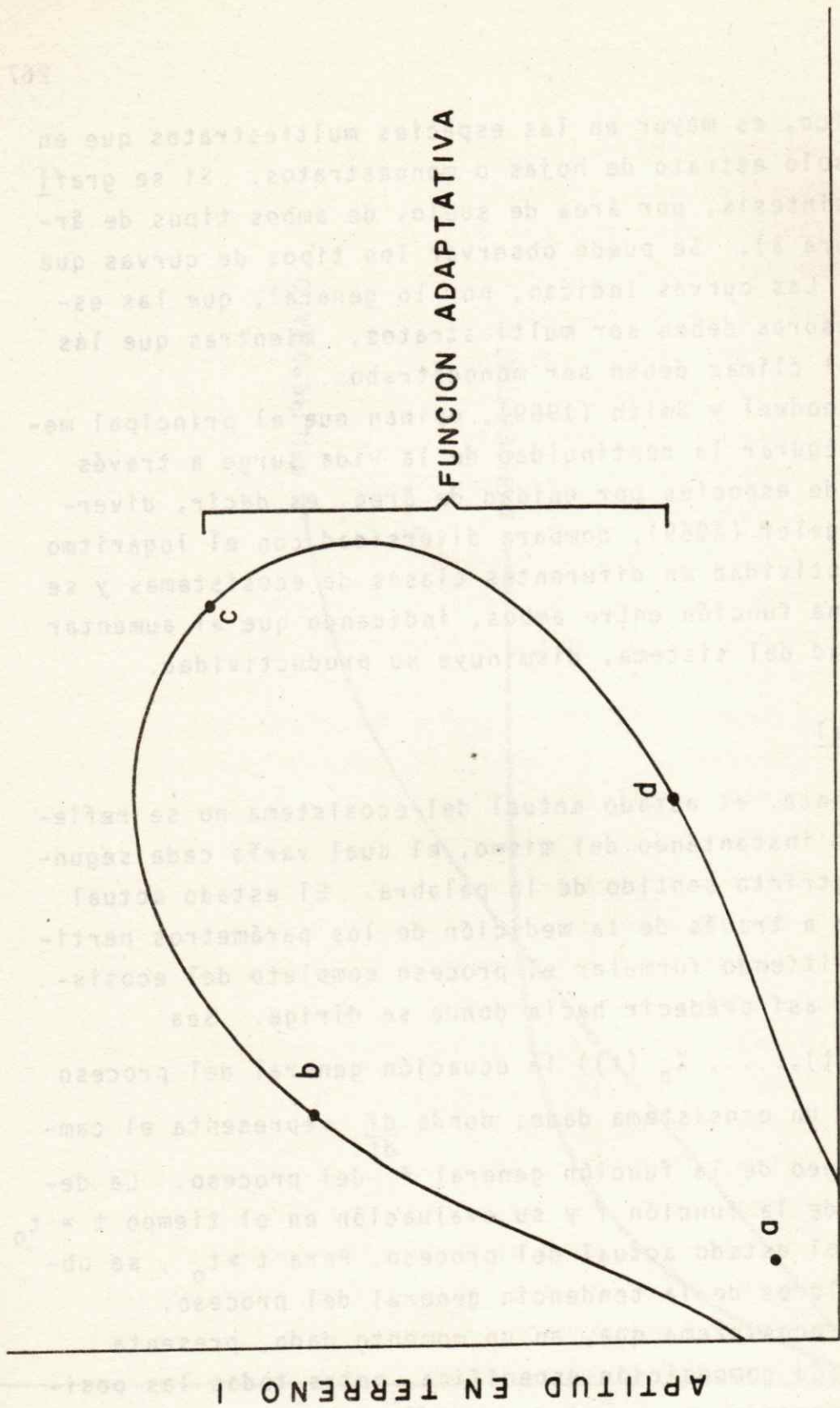


Figura 2. Relación hipotética de la función adaptativa de especies invasoras para dos terrenos distintos. (Orians, 1973).

fotosintético, es mayor en las especies multiestratos que en las de un solo estrato de hojas o monoestratos. Si se grafica la fotosíntesis, por área de suelo, de ambos tipos de árboles (Figura 3). Se puede observar los tipos de curvas que describen. Las curvas indican, por lo general, que las especies invasoras deben ser multiestratos, mientras que las especies del clímax deben ser monoestratos.

Woodwel y Smith (1969), opinan que el principal medio para asegurar la continuidad de la vida surge a través del número de especies por unidad de área, es decir, diversidad. Margalef (1969), compara diversidad con el logaritmo de la productividad en diferentes clases de ecosistemas y se establece una función entre ambos, indicando que al aumentar la diversidad del sistema, disminuye su productividad.

Estado actual

Conceptualmente, el estado actual del ecosistema no se refiere al estado instantáneo del mismo, el cual varía cada segundo, en el estricto sentido de la palabra. El estado actual se esclarece a través de la medición de los parámetros pertinentes, permitiendo formular el proceso completo del ecosistema y poder así predecir hacia donde se dirige. Sea $\frac{df}{dt} = g (X_1(t), \dots, X_n (t))$ la ecuación general del proceso de cambio de un ecosistema dado; donde $\frac{df}{dt}$ representa el cambio instantáneo de la función general f del proceso. La determinación de la función f y su evaluación en el tiempo $t = t_0$ determina el estado actual del proceso. Para $t > t_0$, se obtiene los valores de la tendencia general del proceso.

El ecosistema que, en un momento dado, presenta una determinada composición específica, entre todas las posibles, es un mensaje con una información que puede ser medida. En otro momento posterior, el mismo ecosistema tendrá una composición que no será independiente de la que tenía antes.

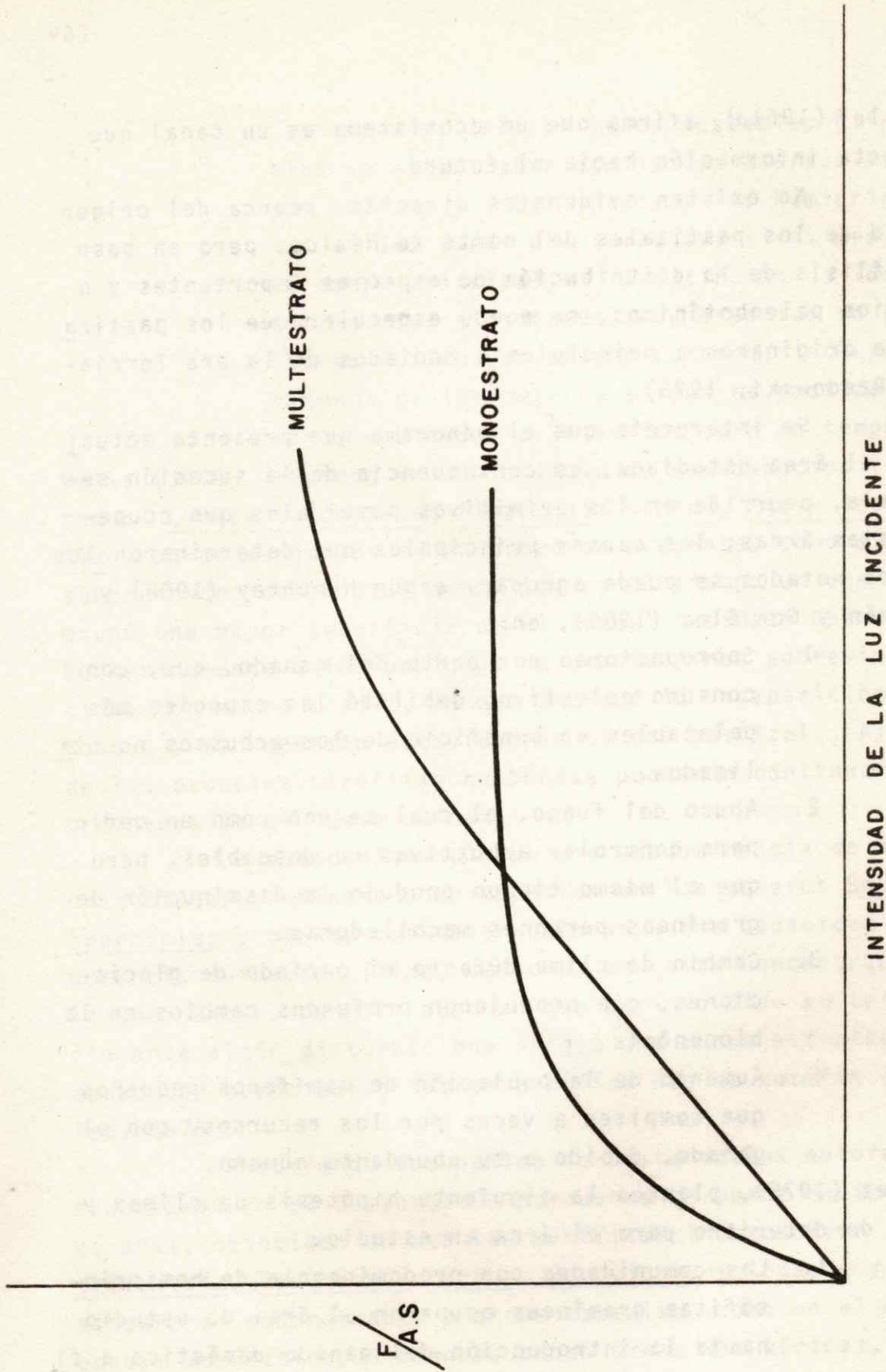


Figura 3. Relación entre la fotosíntesis por unidad de área de suelo y la intensidad de la luz incidente, para especies monoestráticas y multiestráticas. (Orians, 1972).

Margalef (1961a), afirma que un ecosistema es un canal que proyecta información hacia el futuro.

Nó existen evidencias directas, acerca del origen y edad de los pastizales del norte de México, pero en base al análisis de la distribución de especies importantes y a estudios paleobotánicos, se puede especular que los pastizales se originaron a principios o mediados de la era Terciaria (Rzedowski, 1975).

Se interpreta que el panorama que presenta actualmente el área estudiada, es consecuencia de la sucesión secundaria, ocurrida en los primitivos pastizales que ocuparon estas áreas; las causas principales que determinaron los cambios notados se puede agrupar, según Humphrey (1958) y Claverán y González (1969), en:

1. Sobrepastoreo por parte del ganado, que, con consumo selectivo, debilitó las especies más palatables en beneficio de los arbustos no utilizados.
2. Abuso del fuego, el cual se usó como un medio para controlar arbustivas no deseables, pero que al mismo tiempo produjo la disminución de gramíneas perennes macolladoras.
3. Cambio de clima durante el período de glaciaciones, que produjeron profundos cambios en la biocenosis.
4. Aumento de la población de mamíferos pequeños que compiten a veces por los recursos, con el ganado, debido a su abundante número.

González (1975), plantea la siguiente hipótesis de clímax y causas de deterioro para el área en estudio.

1. Las comunidades con predominancia de hemicriptófitas gramíneas ocuparon el área de estudio hasta la introducción del ganado doméstico a fines del siglo XVI y comienzos del XVII.

2. Las especies leñosas menos deseables e indeseables se encontraban confinadas a áreas con mayor aridez, y subordinadas a las hemicriptófitas en las áreas con características méxicas.
3. La causa principal de la extinción de los pastizales fué el sobreuso por especies de animales domésticos de origen europeo; incluyendo algunos de los mejores sitios de pastizales nativos dedicados a la agricultura de temporal.

Wells (1966), sugiere la posibilidad de que especies tales como: Larrea tridentata, Flourensia cernua, Agave lecheguilla y otras xerófitas se encontraron presentes como elementos subordinados del bosque xerófilo, en el tiempo en que este ocupó una mayor superficie en el actual Desierto Chihuahuense. Posteriormente a los períodos de glaciaciones sobrevino un clima con mayor aridez, lo que provocó la desaparición del bosque y el supuesto establecimiento del pastizal. Algunas de las especies xerófitas nombradas pudieron continuar subordinadas en el nuevo clímax.

La fitocenosis clímax con predominancia de hemicriptófitas gramíneas como especies de los géneros Bouteloua, Sporobolus y otras, que desarrollaron buena capacidad de competencia intraespecífica, debido a una alta concentración de la dominancia, permite suponer que hayan cedido su territorio ante algún disturbio que exigía una buena estrategia o capacidad competitiva intraespecífica que no poseían (Gonzalez, 1975).

Resumiendo los puntos de vista de los autores que trabajaron en el Desierto Chihuahuense se puede decir que en general, coinciden en que las xerófitas indeseables: Larrea tridentata, Flourensia cernua, Fouquieria splendens y otras, estuvieron subordinadas a otras especies, como en el caso del bosque xerófito, o bien ocupaban áreas más xéricas, invadiendo luego las zonas bajas que poseen condiciones méxicas.

Todo ello beneficiado por los disturbios que ocasionó el hom
bre por un manejo inadecuado de los ecosistemas. La dominan
cia relativa de las especies principales con respecto a los
grados de utilización se puede representar con carácter de
hipótesis en la (figura 4).

En el presente trabajo, al igual que el de Gonzá-
lez (1975), el criterio seguido para el análisis y evaluación
del estado actual del ecosistema, se basa en el enfoque eco-
sistémico silvoagropecuario propuesto por Gastó (1975) y la
Metodología Clínica Ecosistémica (Maynez, Gastó y Armijo,
1975).

La definición de ciertos conceptos y términos in
volucrado en el estudio referido, permite una mayor compren
sión del planteamiento. El concepto de clínica es utiliza-
do en su acepción médica, definiéndosele como el examen y
tratamiento de pacientes. El paciente puede ser el hombre
y otras especies, pero en ciencias silvoagropecuarias, el
paciente es del ecosistema. Se califica como enfermo, cuan
do su arquitectura o funcionamiento no se ajustan a una si-
tuación normal o ideal.

La metodología clínica consta de cinco etapas fun-
damentales: examen, diagnóstico, tratamiento, estrategia y
comprobación. El examen clínico del ecosistema se define co-
mo el estudio, observación y medición de signos, los cuales
luego de su análisis, permiten inferir sobre algunas carac-
terísticas de arquitectura y funcionamiento del ecosistema.
Los signos se definen como atributos que pueden ser percibi-
dos por los sentidos, instrumentos o equipo de laboratorio
y que se pueden diferenciar por sus características físicas.
Los signos, como tales, no tienen ninguna interpretación
por sí mismos y solo la tienen cuando son transformados en
síntomas, luego de ser sometidos a un proceso de análisis
y comprobación con otros signos o factores idealizados. Sín-
toma se define como un fenómeno o efecto propio de una en-

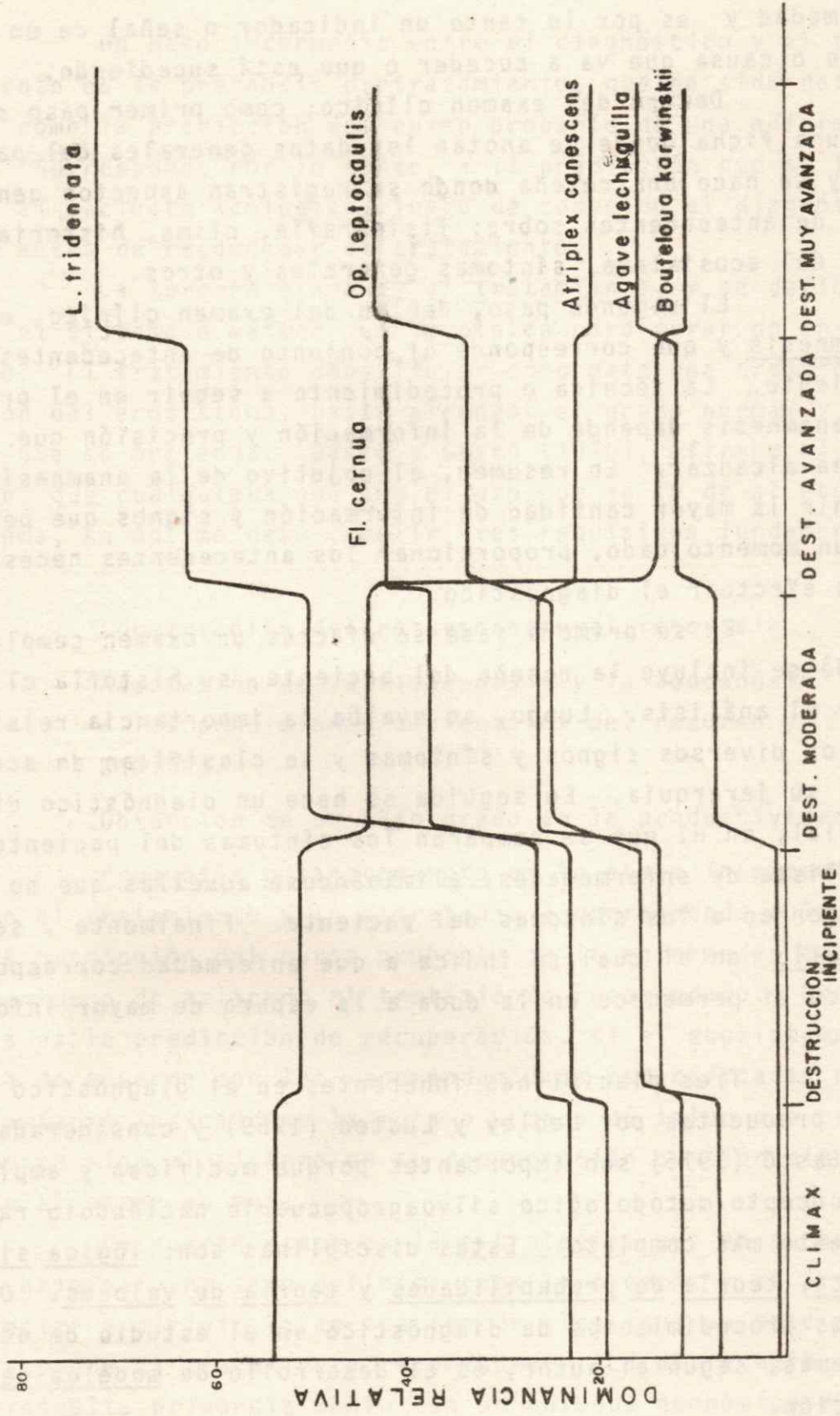


Figura 4. Relación entre la dominancia relativa de algunas de las especies principales del Valle de San Tiburcio y los grados de destrucción del ecosistema.

fermedad y es por lo tanto un indicador o señal de un fenómeno o causa que va a suceder o que está sucediendo.

Dentro del examen clínico, como primer paso se llena una ficha donde se anotan los datos generales del paciente y se hace una reseña donde se registran aspectos generales de antecedentes sobre: fisiografía, clima, historia del uso del ecosistema, síntomas generales y otros.

El segundo paso, dentro del examen clínico, es la anamnesis y que corresponde al conjunto de antecedentes del paciente. La técnica o procedimiento a seguir en el proceso de anamnesis depende de la información y precisión que se desea alcanzar. En resumen, el objetivo de la anamnesis es reunir la mayor cantidad de información y signos que permitan, en un momento dado, proporcionar los antecedentes necesarios para efectuar el diagnóstico.

En su primera fase se efectúa un examen completo, donde se incluye la reseña del paciente, su historia clínica y el análisis. Luego, se evalúa la importancia relativa de los diversos signos y síntomas y se clasifican de acuerdo a su jerarquía. En seguida se hace un diagnóstico diferencial, en el que se comparan los síntomas del paciente con una lista de enfermedades, eliminándose aquellas que no correspondan a los síntomas del paciente. Finalmente, se emite el fallo en el cual se indica a que enfermedad corresponde o bien si permanece en la duda a la espera de mayor información.

Tres disciplinas inherentes en el diagnóstico clínico propuestas por Ledley y Lusted (1959) y consideradas por Gastó (1975) son importantes porque modifican y amplían el concepto metodológico silvoagropecuario haciéndolo racionalmente más completo. Estas disciplinas son: lógica simbólica, teoría de probabilidades y teoría de valores. Otro de los procedimientos de diagnóstico en el estudio de ecosistemas, según el autor, es el desarrollo de modelos de simulación.

Un paso intermedio entre el diagnóstico y el tratamiento es la prognosis pretratamiento, que ha sido definida como la predicción del curso probable de una enfermedad. Corresponde por lo tanto, a la predicción que se le hace al paciente ecológico, luego de conocido el diagnóstico y antes de recomendar el tratamiento.

La tercera etapa es el tratamiento, y se define como el sistema o método que se emplea para curar un enfermo. El tratamiento debe llevar como meta una transformación del ecosistema, hasta alcanzar el grado normal y óptimo que se pretenda. Gastó y Gastó (1970), afirman al respecto, que cualquiera que sea el uso que se le dé al ecosistema, su óptimo debe cumplir tres requisitos fundamentales:

Conservación del recurso natural renovable.

Adaptación de la fitocenosis y la zoocenosis a las condiciones ambientales del recurso y habitat.

Obtención de un alto grado de la productividad.

Prognosis postratamiento es la etapa intermedia entre el tratamiento y la estrategia y corresponde a la segunda predicción del curso probable de la enfermedad ecológica, luego de aplicado el tratamiento recomendado. Prognosis es la predicción de recuperación, si el ecosistema se trata de acuerdo con las recomendaciones especificadas en el tratamiento indicándose la ruta o estado de salud que probablemente siga el sistema en su recuperación o mejoramiento hasta alcanzar su meta.

La cuarta etapa es la estrategia, que en su acepción original, ha sido definida como la ciencia y el arte de proyectar y dirigir la aplicación de algo, que en este caso corresponde al tratamiento recomendado. La estrategia debe ser resuelta primordialmente con un enfoque económico y sociológico, más bien que ecológico.

Comprobación es la quinta y última etapa del estudio clínico del ecosistema. Su objetivo es comprobar el resultado de las transformaciones efectuadas en el ecosistema, a través de la aplicación del tratamiento recomendado con las predicciones establecidas en la prognosis post-tratamiento. Se concluye que si los resultados de la comprobación no están acordes con las predicciones hechas, deben ser revisados, ya sea el examen, diagnóstico, tratamiento o la estrategia, hasta lograr determinar la causa del error.

A continuación se presentan los datos obtenidos en el campo de acuerdo con las etapas de la Metodología Clínica.

Examen: los trabajos se llevaron a cabo en el Campo Experimental Noria de Guadalupe, ubicado dentro del ejido del mismo nombre en el noreste del estado de Zacatecas, perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Topográficamente dicha área está incluida en la cuenca endorréica denominada Valle de San Tiburcio.

Las dimensiones del Campo Experimental son: 3,058 m de largo y 528 m de ancho. Existe un gradiente en altitud a lo largo de la línea mayor teniendo en cuenta el comienzo del campo, junto a la carretera a Zacatecas, que está a 1,890 m.s.n.m. y el extremo final del mismo que está a 1,770 m.s.n.m. El gradiente mencionado se traduce tanto en textura y composición del suelo como en la vegetación.

Según los autores (Miranda y Hernández 1964), se puede distinguir desde el punto de vista topográfico: ladera baja (extremo más alto del campo) partes: alta, media y baja de la "bajada", y por último la depresión cerrada de la cuenca o bolsón (parte más baja del campo).

Las condiciones climatológicas del área, están dadas en los cuadros 1, 2 y 3.

Cuadro 1. Condiciones climatológicas del Campo Experimental de Noria de Guadalupe, Zac., durante 1973.

Atributo	mes												total * media **
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
temperatura máxima (°C)	11	11	14	22	16	19	22	17	18	17	17	17	17 **
temperatura mínima (°C)	1	5	7	8	6	8	7	12	5	4	5	4	6 **
temperatura media (°C)	6	8	11	15	11	14	15	15	11	11	11	11	11 **
oscilaciones (°C)	10	6	7	14	10	11	15	5	13	13	12	13	11 **
precipitación (mm)	64.5	0.0	0.0	0.0	90.0	115.0	35.0	153.5	117.0	89.0	0.0	0.0	664.0 **
evaporación (mm)	153.20	171.43	278.93	275.72	239.93	216.31	246.86	117.70	192.75	182.94	193.56	188.07	2457.40 *
humedad relativa (%)	96	90	80	82	66	67	63	74	74	74	81	75	74 **

Cuadro 2. Condiciones climatológicas del Campo Experimental de Noria de Guadalupe, Zac., durante 1974.

Atributo													total *	
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	0	media **
temperatura máxima (°C)	21	18	18	22	19	18	20	26	17	15	12	20	19	19 **
temperatura mínima (°C)	5	9	10	10	8	12	12	12	10	5	6	6	9	9 **
temperatura media (°C)	13	14	14	16	14	15	16	19	11	13	9	13	14	14 **
oscilaciones (°C)	16	9	8	6	11	6	8	14	7	10	6	14	10	10 **
precipitación (mm)	0.0	0.0	0.0	5.0	10.0	0.0	0.0	2.0	57.0	29.0	0.0	12.0	115.0	115.0 *
evaporación (mm)	200.3	186.9	139.6	118.1	179.5	168.8	73.18	220.4	213.4	178.5	83.7	166.5	1928.88	1928.88 *
humedad relativa (%)	74	65	65	71	68	57	66	50	95	60	67	74	64	64 **

Cuadro 3. Condiciones climatológicas del Campo Experimental de Noria de Guadalupe, Zac., durante 1975.

Atributo	mes												total * 0	media **
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
temperatura máxima (°C)	19	22	25	29	30	24	24	23	21	21	19	14	23 **	
temperatura mínima (°C)	4	4	4	11	11	11	11	11	6	4	-1	-2	5 **	
temperatura media (°C)	9	9	15	20	21	18	18	17	14	13	8	6	14 **	
oscilaciones (°C)	18	18	21	18	19	13	13	12	17	17	18	12	12 **	
precipitación (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	61.0	101.0	52.0	15.0	20.0	0.0	34.0	283.0 *	
evaporación (mm)	81.1	102.4	167.4	141.4	114.2	82.0	160.0	152.1	185.9	176.4	177.4	143.8	1684.9 *	
humedad relativa (%)	30	26	24	26	22	90	88	95	89	88	78	89	62 **	

Según la clasificación de Köppen es un clima seco o árido con régimen de lluvias de verano cálido y oscilación anual de las temperaturas medias mensuales extremas entre 7° y 14 °C.

Los suelos de los ecosistemas del campo experimental presentan las siguientes características (González, 1975): Ladera baja. Son suelos pedocálcicos llamados Sierozem, perfil con dos horizontes sobre base rocosa de caliza dura poco permeable, que se halla entre los 15 y 30 cm de profundidad.

1er Horizonte: (0)-(13-15 cm), presenta pocas raíces, pedregoso, con gravas y piedras subangulares pequeñas y medias.

2° Horizonte: (3-15)-(15-30 cm), presenta pocas raíces, delgadas, pedregoso con piedras subangulares medianas y pequeñas. El tipo de formación del perfil es monogénico o autógeno, con drenaje externo, rápido, erosión hídrica severa.

Parte alta de la bajada. El perfil presenta tres horizontes sobre una capa impermeable a los 80 cm de profundidad.

1er Horizonte: (0)-(15-20 cm), abundantes raíces finas sin piedras ni gravas.

2° Horizonte: (15-20)-(40 cm) abundantes raíces delgadas hay gravas y pocas piedras medianas y pequeñas.

3er Horizonte: (40)-(80 cm) pocas raíces finas, muy pedregoso con gravas y piedras pequeñas y medianas. Drenaje externo medio poco o casi sin erosión.

Bajada media. Perfil con dos horizontes con una capa impermeable que se presenta, según el lugar entre 22 a 30 cm de profundidad.

1er Horizonte: (0)-(10-20 cm), con pocas raíces, finas. Gravas y piedras pequeñas.

2° Horizonte: (10-20 cm) - (20-30 cm) con pocas raíces finas. Muy pedregoso, piedras subangulares medianas.

Sin pedregosidad superficial drenaje externo de mediano a rápido erosión hídrica por capas de moderado a fuerte.

Bajada baja. Se pueden hallar de 2 a 5 perfiles sobre una base de caliza dura, la cual puede encontrarse entre los 140 a 145 cm de profundidad.

Normalmente los perfiles superiores presentan raíces finas, y todos en general sin piedras ni gravas.

El tipo de formación del perfil es poligénico aluvial, sin pedregosidad superficial. Drenaje externo medio, erosión hídrica por capas de moderada a severa.

Bolsón. El perfil normalmente presenta de 3 a 5 horizontes hasta encontrar una capa dura entre los 75 a 125 cm de profundidad, puede encontrarse también una capa de caliche entre los 70 a 75 cm. Todos los perfiles superiores con abundantes raíces gruesas, medianas y pequeñas y todos ellos sin grava ni piedras. El tipo de formación del perfil es poligénico aluvial lacustre sin rocosidad en la superficie. Drenaje externo de lento o nulo sin erosión o leve. Inundado accidentalmente.

La vegetación del lugar ha sido bien estudiada (Miranda y Hernández, 1963; Rzedowski, 1968; González, 1975), y se puede decir que la misma corresponde a comunidades representativas del matorral desértico micrófilo. Fisionómicamente es muy uniforme y de composición simple (ve, 1939). Las especies predominantes son: Larrea tritata, Flourensia cernua, Lycium sp., y Prosopis glandulosa

En la parte baja de la ladera y parte alta y

de la bajada se presentan como principales acompañantes Agave lecheguilla, Parthenium incanum, Yucca filifera, Y. carnerosana y Parthenium argentatum.

En la zona comprendida por la parte baja de la bajada y bolsón predominan Atriplex canescens, Condalia mexicana, Koeberlinia spinosa, Lycium sp., Sporobolus wrightii y Muhlenbergia villosa.

En los lugares bien definidos del matorral desértico o el mezquital, el estrato herbáceo está constituido por las siguientes gramíneas: Bouteloua karwinskii, Buchlœe dactyloides, Aristida adscencionis, Stipa eminens, Erioneuron pulchellum, Setaria macrostachya, Scleropogon brevifolius y distintas especies del género de Muhlenbergia.

Siguiendo un criterio ecológico se eligieron parcelas en estands de vegetación homogénea y donde las especies aprovechables y no aprovechables se presentan en densidades de rala a densa, de modo tal que permita calcular el esfuerzo de transformación del ecosistema en dichas condiciones. Se tomaron parcelas rectangulares de 10 x 20 m para la descripción de la vegetación.

Se siguió la denominación de la forma biológica de las especies según Raunkiaer, dentro de cada estrato vegetacional.

Las mediciones que se llevaron a cabo en las parcelas fueron las siguientes:

1. En estrato arbustivo, formado por microfanerófitas y nanofanerófitas.
 - 1.1. Densidad: se hizo un recuento directo de los individuos de cada especie presentes en la parcela, estimándose su densidad por hectárea en esas mismas condiciones.
 - 1.2. Altura: se midió la altura de todos los individuos de las especies que se eliminaron posteriormente, permitiendo tener

- una idea acerca de la distribución por altura, de los mismos, en la comunidad.
- 1.3. Diámetro de copa: se midió el diámetro promedio de dos mediciones perpendiculares entre sí, de las especies a eliminar.
2. En estrato herbáceo: formado por caméfitas y hemicriptófitas.
- 2.1. Densidad: en las especies indeseables se usó un cuadrante rectangular de 2 m de longitud con una división al centro de un metro y 0.25 m de ancho, que da una superficie de 0.5 m². El cuadrante fué lanzado al azar en 10 oportunidades dentro de la parcela. Para el recuento se consideró como 0-0, si ambos rectángulos no tocaban plantas; 1-1 si ambos lo hacían, o bien 0-1 si solo uno de ellos tocaba una planta. En especies deseables se usó el mismo cuadrante dentro del cual se desplazó 6 veces un cuadrante menor de 0.20 x 0.30 m que contiene 6 cuadrados de 0.10 x 0.10 m o un decímetro cuadrado. En cada dm² se estimaba el porcentaje de cobertura de tallos vivos, previo a esto, se hicieron pruebas para determinar número de tallos vivos por dm², en lugares con cobertura de 100 %.
- 2.2. Número y tamaño de colonias o grupos de hemicriptófitas y caméfitas, se les clasificó en grandes, medianas y pequeñas.

Las abreviaturas usadas en los cuadros de la descripción del perfil de cada parcela, son las siguientes:

C.C. Contenido de humedad a capacidad de campo. (0.3 atmósferas).

P.M.P.	Contenido de humedad en el punto de marchitamiento permanente.
H.A.	Contenido de humedad aprovechable.
M.O.	Materia orgánica.
C.E.	Conductividad eléctrica.
Ca	Contenido de calcio.
Mg	Contenido de magnesio.

La descripción de las parcelas de muestreo se presentan a continuación:

Parcela 1: (Cuadros 4 y 5).

Ubicación: bajada media. Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.

Pendiente: 2 %

Suelo superficial: sin pedregosidad, textura media con erosión hídrica moderada.

Vegetación: Se trata de un matorral compuesto de cuatro estratos, las principales especies que los componen son:

nanofanerófitas altas (Na): Larrea tridentata y Flourensia cernua; nanofanerófitas bajas (Nb): Parthenium incanum, Opuntia leptocaulis, Citharexylum sp; hemi criptófitas (He): Bouteloua karwinskii, Muhlenbergia porteri, Setaria macrostachya; caméfitas (Ca): Zinnia acerosa, Bouteloua karwinskii ocupa los lugares interarbustivos lo que indica que ésta especie está invadiendo a causa de que el área fué excluida hace 3 años aproximadamente. El resto de especies hemicriptófitas se encontraron protegidas bajo los arbustos, esto puede deberse, primero, a que allí están fuera del alcance de los animales y además porque encuentran una cama de germinación adecuada.

Cuadro 4. Valores del suelo (según González, 1975), parcela 1, Noria de Guadalupe, Zac. Invierno de 1976.

Características del suelo	Profundidad del suelo cm -----	
	0 - (10-20)	(10-20) - (20-30)
C.C. %	26.71	26.67
P.M.P. %	11.55	12.29
H.A. %	15.16	15.38
M.O. %	1.20	1.77
pH	7.8	7.7
C.E. (mmhos/cm)	0.30	0.50
Ca (meq/l)	3.88	5.18
Mg (meq/l)	4.32	1.08

Cuadro 5. Resumen de la fitocenosis, parcela 1
(bajada media), Noria de Guadalupe,
Zac. Invierno de 1976.

Estrato arbustivo						
Especie	Densidad		Altura media cm	Cobertura		
	(individuos/superficie) 200 m ²	ha		absoluta m ² / ha	relativa %	
LATR	24	1,200	116	1,708.5	17.08	
FLCE	28	1,400	93	1,152.5	11.52	
PAIN	42	2,100	50.5	386.0	3.86	
OPLC	34	1,700	41.5	264.0	2.64	
CITHA	8	400	84.5	264.0	2.64	

Estrato herbáceo				
Especie	Cobertura m ² /ha	Grupo o Colonia número	Densidad	
			tallos/m ²	tallos/ha
BOKA	750	7.5	10,860	8,140 x 10 ⁶
MUPO	-	1	-	-
SEMA	-	15	-	-
ZIAC	-	1	-	-

Parcela 2: (Cuadro 6 y 7).

Ubicación: bajada baja, Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.

Pendiente: 2.5 %

Suelo superficial: depósitos aluviales, de textura media y sin pedregosidad superficial. Con erosión hídrica moderada.

Vegetación: se trata de un matorral abierto compuesto de tres estratos:

Na : Larrea tridentata y Flourensia cernua

Nb : Lycium sp. Opuntia leptocaulis, Citharexylum sp.

He : Bouteloua karwinskii, Muhlenbergia porteri, Setaria macrostachya.

Las hemicriptófitas muestran bajos valores de cobertura y densidad debido, seguramente, al marcado sobrepastoreo. Esto facilitó la erosión y actualmente los sitios de germinación se ven evidentemente disminuidos.

Parcela 3: (Cuadros 8 y 9).

Ubicación: bolsón, parte baja del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.

Pendiente: 0.5 %

Suelo superficial: con depósitos aluviales, de textura media, sin pedregosidad superficial erosión hídrica nula.

Vegetación: es un matorral abierto compuesto de tres estratos:

Na : Larrea tridentata, Flourensia cernua.

Nb : Atriplex canescens, Opuntia leptocaulis, Citharexylum sp.

He : Bouteloua karwinskii, Muhlenbergia porteri, Setaria macrostachya, Stipa eminens, Muhlenbergia villosa.

Cuadro 6. Valores del suelo (según González, 1975), parcela 2, Noria de Guadalupe, Zac. Invierno de 1976.

Características del suelo	Profundidad del suelo cm				
	0-15	15-30	30-50	50-75	75-100
C.C. %	55.84	60.17	62.66	36.48	57.62
P.M.P. %	14.54	14.61	21.06	27.70	18.88
H.A. %	41.30	45.56	41.60	8.78	38.74
d.O. %	1.66	1.37	0.76	0.94	0.76
pH	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
C.E. (mmhos/l)	0.60	1.00	0.94	2.8	4.30
Ca (meq/l)	13.39	29.59	32.83	48.60	61.12
Mg (meq/l)	2.81	5.89	3.24	21.82	36.07

Cuadro 7. Resumen de la fitocenosis parcela 2 (bajada baja),
Noria de Guadalupe, Zac. Invierno de 1976.

Estrato arbustivo

Especie	Densidad		Altura media cm	Cobertura	
	(individuos/superficie) 200 m ² ha	ha		absoluta m ² /ha	relativa %
LATR	31	1,550	90	1,940	19.4
FLCE	96	4,800	65.5	4,807.5	48.07
OPLE	4	200	60.5	345.5	3.45
CITHA	6	300	69.0	150.0	1.50
LYCIU	16	800	50.0	253.0	2.53

Estrato herbáceo

Especie	Cobertura		Grupo o Colonia		Densidad	
	m ² / ha	%	número	tallos/m ²	tallos/ha	
BOKA	241.	2.41		10,860	2.62 x 10 ⁶	
MUPO	-	-	4	-	-	
SEMA	-	-	12	-	-	

Cuadro 8. Valores del suelo (según González, 1975)
parcela 3. Noria de Guadalupe, Zac. In-
vierno de 1976.

Características del suelo	Profundidad del suelo	
	0-(12-16) ----- cm -----	(12-16)-(24-31) ----- (24-31)-75
C.C. %	40.36	41.65
P.M.P. %	15.78	14.99
H.A. %	24.58	26.66
M.O. %	3.66	2.40
pH	7.8	7.6
C.E. (mmhos/cm)	0.36	0.98
Ca (meq/l)	6.48	23.32
Mg (meq/l)	3.67	3.89
		45.45
		17.86
		27.59
		1.20
		7.5
		1.19
		36.50
		0.65

Cuadro 9. Resumen de la fitocenosis, parcela 3 (bolsón).
Noria de Guadalupe, Zac. Invierno de 1976.

Especie	Estrato arbustivo		Altura media cm	Cobertura	
	Densidad (individuos/superficie 200 m ² ha			absoluta m ² /ha	relativa %
LATR	56	2,800	81.5	1,795.00	17.95
ATCA	24	1,200	60.2	249.00	2.49
FLCE	2	100	59.6	20.5	0.20
OPLA	3	150	34.6	50.50	0.50
CITHA	2	100	70.5	42.0	0.42
Estrato herbáceo					
Especie	Estrato herbáceo		Grupo o Colonia número	Densidad	
	Cobertura m ² /ha			tallos/m ²	tallos/ha
BOKA	805.5	80.5		10,860	8.74 x 10 ⁶
MUPO	-	-	30	-	-
SEMA	-	-	12	-	-
SIEM	-	-	3	-	-
MUVI	-	-	1	-	-

El estrato herbáceo en general es pobre como consecuencia del sobreuso.

Parcela 4: (Cuadros 10 y 11).

Ubicación: bolsón, parte baja del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.

Pendiente: 0-0.5 %

Suelo superficial: se trata de suelos aluviales, sin pedregosidad, erosión hídrica nula.

Vegetación: es un matorral semiabierto compuesto por tres estratos:

Na: Larrea tridentata

Nb: Atriplex canescens, Opuntia leptocaulis, Koeberlinia spinosa.

He: Boueloua karwinskii, Muhlenbergia porteri, Stipa eminens, Setaria Macrostachya, Muhlenbergia villosa.

Parcela 5: (Cuadro 12).

Ubicación: ladera baja del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.

Pendiente: Mayor de 5 %

Suelo superficial: suelo pedregoso, piedras subangulares. Erosión severa.

Vegetación:

La vegetación consta de cinco estratos:

Na: Larrea tridentata, Acacia farnesiana, nanofanerófitas, rosetófila alta: Dasyllirion berlandieri.

Nb: Parthenium incanum, Parthenium argentatum, Senecio sp. Dalea sp. Leucophyllum sp.

Ca: Agave lecheguilla.

He: Bouteloua curtipendula, Setaria macrostrachya, Bouteloua gracilis.

Como resultado de un recuento de Agave lecheguilla se determinó que existían 6 plantas por metro cuadrado.

Cuadro 10. Valores del suelo (según González),
parcela 4, Noria de Guadalupe, Zac.
Invierno de 1976.

Características del suelo	Profundidad del suelo	
	0-23 cm	23-40 cm
C.C. %	37.19	39.66
P.M.P. %	32.15	33.46
H.A. %	5.04	6.20
M.O. %	3.53	2.20
pH	7.6	7.5
C.E. (mmhos/cm)	0.37	1.00
Ca (meq/l)	5.18	24.40
Mg (meq/l)	2.59	4.54
		40-90
		35.91
		29.15
		6.76
		0.44
		7.4
		2.10
		37.58
		3.82

Cuadro 11. Resumen de la fitocenosis, parcela 4 (bolsón)
Noria de Guadalupe, Zac. Invierno de 1976.

Estrato arbustivo					
Especie	Densidad		Altura media cm	Cobertura	
	(individuos/superficie) 200 m ² ha	ha		absoluta m ² /ha	relativa %
LATR	106	5,250	110	5,512	11.12
ATCA	42	2,100	61	730.5	7.30
OPLE	5	250	80	175.0	1.75
KOSP	1	50	45	11.5	0.11

Estrato herbáceo					
Especie	Cobertura		Grupo o Colonia	Densidad	
	m ² /ha	%		tallos/m ²	tallos/ha
BOKA	38.88	0.3888		10,860	4,22 x 10 ⁵
MUPO	33.33	0.3333		10,860	3,61 x 10 ⁵
SIEM	-	-	13	-	-
SEMA	-	-	6	-	-
MUVI	-	-	1	-	-

Cuadro 12. Resumen de la fitocenosis, parcela 5
Noria de Guadalupe, Zac. Invierno de
1976.

Especie	Estrato arbustivo		Altura media cm	Cobertura	
	Densidad (individuos/superficie) 200 m ² ha	ha		absoluta m ² /ha	relativa %
LATR	6	300	143	236.8	2.36
PAAR	10	500	67.6	160.4	1.60
PAIN	13	1,550	79.2	659.5	6.59
LEUCO	15	750	136.0	806.9	8.06
DALEA	23	1,150	128.6	705.5	7.05
ACFA	3	150	218.0	850.9	8.50
MIMOS	11	550	75.6	220.4	2.20
SENEC	62	3,100	80.4	760.3	7.60
DABE	1	50	80.0	16.6	0.16

Especie	Estrato herbáceo		Grupo o Colonia número	Densidad	
	Cobertura m ² /ha	%		tallos/m ²	tallos/ha
AGLE	3520.0	35.20		11.4	114,000
BOCU	-	-	11	-	-
SEMA	-	-	3	-	-
BOGR	-	-	3	-	-

Las condiciones del suelo y erosión superficial no permiten el establecimiento de gramíneas.

Parcela 6: (Cuadro 13).

Ubicación: ladera baja, al este de la carretera a Zatecas, frente al Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.

Pendiente: 6 %

Suelo superficial: suelo pedregoso, con fuerte erosión hídrica.

Vegetación: la vegetación consta de tres estratos:

Na: Larrea tridentata, Flourensia cernua, Opuntia engelmannii, Citharexylum sp., Parthenium argentatum.

Ca: Agave lecheguilla

He: Erioneuron pulchellum; Bouteloua curtipendula, Stipa eminens, Setaria macrostachya,

Es un matorral abierto con un estrato herbáceo pobre, en este lugar la erosión hídrica es marcada y la ausencia de suelo fino impide el establecimiento de hem criptófitas.

Parcela 7: (Cuadro 14).

Ubicación: bajada baja del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac.

Pendiente: 1.5 - 2 %

Suelo superficial: de textura media, sin pedregosidad superficial. Erosión escasa.

Vegetación: Matorral semiabierto compuesto por tres estratos:

Na: Larrea tridentata, Flourensia cernua, Opuntia engelmannii, Yucca carnerosana.

Nb: Opuntia leptocaulis, Parthenium incanum.

Cuadro 13. Resumen de la fitocenosis, parcela 6,
Noria de Guadalupe, Zac. Invierno de
1976.

Estrato arbustivo

Especie	Densidad		Altura media cm	Cobertura	
	(individuos/superficie) 200 m ² ha	ha		absoluta m ² /ha	relativa %
LATR	17	850	100.2	416.90	4.16
FLCE	24	1,200	55.8	169.40	1.60
OPEN	6	300	31.6	61.60	0.61
AGLE	340	17,000	27.6	647.00	6.47
DALEA	4	200	77.0	480.80	4.80
PAAR	125	6,250	46.3	1,424.80	24.24
CITHA	3	150	76.6	54.85	0.54

Estrato herbáceo

Especie	Cobertura		Grupo o Colonia número	Densidad	
	m ² /ha	%		tallos/m ²	tallos/ha
ERPU	119.40	1.19		9,800	1.17 x 10 ⁶
BOCU	-	-	28	-	-
STEM	-	-	11	-	-
SEMA	-	-	9	-	-

Cuadro 14. Resumen de la fitocenosis, parcela 7,
Noria de Guadalupe, Zac. Invierno de
1976.

Estrato arbustivo					
Especie	Densidad		Altura media cm	Cobertura	
	(individuos/superficie) 200 m ² ha	ha		absoluta m ²	relativa %
LATR	50	2,500	102.0	2,559.00	25.59
FLCE	22	1,100	96.0	829.00	8.29
OPLE	19	950	54.0	122.50	1.22
PAIN	10	500	61.0	140.00	1.40
Estrato herbáceo					
Especie	Cobertura		Grupo o Colonia número	Densidad	
	m ² /ha	%		tallos/m ²	tallos/ha
SPWR	500	5.00	-	9,250	4.62 x 10 ⁶
BOKA	314	3.14	-	10,860	3.41 x 10 ⁶

He: Sporobolus wrightii, Bouteloua karwinskii.

En este caso Sporobolus wrightii, tiene una buena densidad entre los arbustos.

Hipótesis de diagnóstico:

Hipótesis: Los ecosistemas naturales del desierto son el residuo o remanente que resulta luego de la cosecha, a menudo descontrolada del ecosistema original. Las sucesiones ecológicas secundarias, producto de la fuerte presión antropogénica, indican que la transformación no está orientada hacia un estado óptimo. La aplicación de cierto conjunto de operadores funcionales, en determinado orden, permitiría reorientar la transformación de estos ecosistemas hacia un estado de mayor conveniencia antropogénica.

De acuerdo con los antecedentes recopilados sobre el área bajo estudio es factible asegurar, que, de realizar un cambio en la arquitectura actual, este no podría basarse en dejar actual la sucesión natural exclusivamente. En otras palabras, la sucesión no es otra cosa que el operador tiempo y de utilizarlo en la transformación de ecosistemas muy deteriorados, podemos predecir que el proceso necesitará un período demasiado largo.

La hipótesis que se presenta se basa en la aplicación de operadores de transformación que aceleran la sucesión a través de cambios de arquitectura fitocenósica por eliminación de las menos deseables, creándose condiciones más favorables de establecimiento por eliminación de la competencia.

Bajo este concepto se puede considerar que cualquier cambio requiere, a través de la sucesión natural, un tiempo difícil de predecir, pero normalmente extenso; o bien gasto de energía a través de operadores que permita al diseñador

de ecosistemas colocar a estos en un estado más cercano al óptimo buscado. Los cambios de estado requieren un gasto de energía, pero en este caso, a través de la cuantificación y secuencia más conveniente en la aplicación de los operadores, dicha energía se minimiza por la elección de la ruta más adecuada.

Transformación

Un operador funcional, es el estímulo que debe aplicarse a un ecosistema en un estado E_i determinado para transformarlo en otro E_k en un tiempo t_{ik} con P_{ik} probabilidades de éxito en la transformación y por la aplicación de un cierto trabajo W_{ik} .

El concepto de operador funcional permite trabajar con mayor claridad en los cambios de estado ecosistémicos. La aplicación de π involucra necesariamente la utilización de cierta cantidad de energía con el fin de cambiar $\sigma(\eta)$. Una parte de la energía empleada se disipa, luego de ser utilizada para cambiar el arreglo topológico $\sigma(\eta)$. El arreglo topológico afecta el comportamiento β del ecosistema. Otra parte de esta energía puede ser almacenada en el sistema, siendo susceptible a liberarse posteriormente.

Cambio de estado del ecosistema significa alterar su comportamiento en cuanto a cambiar la:

- capacidad de ingestión de estímulos,
- capacidad de asimilación de estímulos,
- capacidad de transformación,
- capacidad de almacenamiento de los componentes topológicos, y
- capacidad de conducción de los estímulos.

De la energía empleada en el cambio del arreglo topológico $\sigma(\eta)$, una parte puede ser retenida en el ecosistema. Sin embargo, un cambio en el contenido de energía in

terna del ecosistema, requiriendo lo anterior la aplicación de un operador funcional.

Teniendo en cuenta el tipo de trabajo que realizan sobre la fitocenosis, los distintos operadores de transformación se pueden dividir en: de destrucción, construcción y mantenimiento.

Los operadores de destrucción son aquellos que eliminan la vegetación menos deseable. Entre ellos podemos citar los siguientes: físicos, químicos o biológicos.

Entre los operadores físicos encontramos los mecánicos y los manuales, y entre los primeros se pueden mencionar el tractor o el bulldozer, los que son utilizados con los siguientes implementos:

Cuchilla

Arado subsolador o desenraizador

Arado de disco

Rastras

Rodillos cortadores

Chapoleadores

El tractor con cuchilla es usado en el desenraizamiento de arbustos grandes, pudiéndose utilizar en la eliminación de arbustos pequeños y quebradizos donde se desea un disturbio mínimo para el suelo (Vallentine, 1971). Las desventajas de este operador es que resulta relativamente caro y es más apropiado para controlar estands aislados. Además, puede dañar considerablemente la población de gramíneas y herbáceas deseables. Otro de los métodos mecánicos utilizados es la rastra agrícola. Este implemento controla efectivamente arbustos pequeños, con el inconveniente de dañar a las plantas herbáceas deseables (Bentley, 1967).

El arado desenraizador se ha utilizado para controlar arbustos grandes en estands muy densos, o para especies que son resistentes a los herbicidas. Este método es más

efectivo en suelos profundos y secos. Controla a la mayoría de los arbustos pero tiene la desventaja de que mata también a casi todas las gramíneas, excepto las rizomatozas (Rechentin, et al, 1964).

El uso de la cadena es bastante efectivo y relativamente barato cuando se utiliza en árboles grandes y de tallos simples; siendo menos efectivo en árboles pequeños o arbustos que se doblan fácilmente sin quebrarse (Plummer et al, 1968). El riel, como método para controlar arbustivas, es efectivo en arbustos pequeños y quebradizos y en terrenos relativamente planos y secos (Pechanec et al, 1965). La cha poleadora es efectiva para controlar arbustos pequeños que no rebrotan, es conveniente aplicar un herbicida después de chapolear.

Una ventaja de estos tres últimos métodos es que no dañan o producen un daño mínimo sobre la población de gramíneas.

El rodillo cortado, que consiste en un cilindro equipado con cuchillas cortadoras y de un peso de alrededor de 12 toneladas, se adapta mejor a la eliminación de arbustos pequeños. La desventaja es que mata solo la parte área, desmenuzándola, por lo que es poco efectivo en arbustos que rebrotan. Su efectividad aumenta si se asocia con un tratamiento posterior de herbicida.

La aplicación de los métodos manuales: talache hacha, y otros, se recomiendan en áreas donde es baja la densidad de arbustos menos deseables o bien donde se requiere eliminación muy selectiva.

Los operadores químicos de destrucción, o herbicidas pueden dividirse en: no selectivos que matan cualquier planta y selectivos, que, debido a diferencias morfológicas y fisiológicas de los vegetales, destruyen selectivamente.

De igual manera se les puede clasificar también de acuerdo a la forma en que actúan: de contacto, que des-

truye la parte del vegetal que toca y sistémico o transportables, que son absorbidos por la raíz o follaje y se incorporan al sistema conductor, destruyendo toda la planta.

Se presentan en dos formas:

Líquida, para aplicaciones sobre el follaje o inyectarse en el tronco.

Polvo, gránulos o pellets para aplicación basal en anillos o muescas del tronco.

Con respecto al control químico, se ha observado que los herbicidas tienen ciertas ventajas con respecto a los métodos mecánicos; algunas de estas ventajas son: (1) más barato que la mayoría de los métodos mecánicos, (2) pueden utilizarse en lugares donde es imposible usar control mecánico, como por ejemplo en laderas muy inclinadas o con mucha roca, (3) menos trabajo por tratamiento, (4) controlan selectivamente ciertas especies herbáceas o arbustivas, (5) las gramíneas generalmente no son dañadas, (6) es un método de control rápido.

Entre los operadores físicos, la aplicación del fuego ha sido muy discutido debido a las ventajas y desventajas que representa, especialmente, en zonas áridas.

El operador biológico se refiere a la acción de parásitos, predadores o patógenos sobre los organismos a eliminar. Su aplicación requiere conocer perfectamente las plagas o parásitos específicos para cada especie no deseables. Gates (1964), señala la acción de un lepidóptero, Aroga websteri, para controlar Artemisia tridentata en los Estados Unidos de Norte América.

El control biológico por pastoreo se basa en el pastoreo selectivo, resultando efectivo cuando se combinan adecuadamente distintas especies animales, considerando también la estación y sistemas de pastoreo (Vallentine, 1971). La dieta de la cabra por ejemplo, se ha constatado que,

consiste en un 80 % de ramoneo de arbustos y 20 % de gramíneas; ocurriendo lo contrario con el vacuno. Esta selectividad debe ser aprovechada para el manejo.

Todos los operadores mencionados, en especial los mecánicos cumplen la doble función de destructores y constructores, ya que su aplicación implica una labor cultural que crea condiciones convenientes para la germinación y desarrollo de las semillas que puedan sembrarse natural o artificialmente.

Los operadores de construcción son aquellos que mejoran las condiciones del ecotopo para un buen desarrollo de la vegetación deseable establecida naturalmente, o por establecerse artificialmente.

Como ya se dijo algunos operadores de destrucción pueden cumplir la de constructores.

Un operador de construcción corrientemente empleado es el arado poceador, cuya finalidad es construir microcuencas destinadas al establecimiento de alguna especie de interés.

Otro que puede emplearse es el barbecho, que en esencia es el operador tiempo, permitiendo que aumente naturalmente la cobertura de la especie deseable.

Se les llama operadores de mantenimiento a los que se aplican para mantener la arquitectura diseñada en su estado disclímax.

Cualquiera de los operadores mencionados pueden ser usados, la elección dependerá de la estrategia más conveniente para cada caso. La planificación de la aplicación de estos operadores, representa la etapa más crítica en el proceso de transformación a efectuar en los ecosistemas.

Se puede argüir que por muchos siglos el hombre ha resuelto problemas, en base a consideraciones intuitivas y los resultados obtenidos han sido fructíferos. Sin embargo detrás de toda consideración intuitiva se esconde una

secuencia finita de encadenamientos racionales, que se producen o se manifiestan como ideas instantáneas. El mecanismo complejo de la mente humana representa un enigma no resuelto hasta la fecha; no obstante, el hombre moderno ha encontrado que si se quiere resolver un problema, se tiene que plantear cuidadosamente y tratar de seguirse una secuencia ordenada de acciones, definidas con anterioridad, que le permitan seguir el proceso de resolución del problema.

El proceso de plantear una secuencia finita de acciones bien definidas que conduzcan hacia un objetivo, se denomina algoritmo. Un proceso de solución de A que aparece después de efectuarse un número finito de etapas, y cuando no hay solución el mismo proceso permite determinar, después de un número finito de etapas, su insolubilidad, es denominado un algoritmo, (Korfhage, 1967).

En ciencia silvoagropecuaria la transformación del estado del ecosistema debe ser diseñada de tal manera que permita pronosticar el cambio de estado. Lo anterior considera que el estado resultante es una consecuencia probabilística de la aplicación de un operador, y no es posible predecir en forma determinística el efecto del mismo.

La transformación del estado del ecosistema, bajo la acción de un operador funcional, ocurre secuencialmente en un lapso de tiempo y, número infinito de etapas, que en la práctica se pueden considerar como finitas y discretas. La transición desde un estado, en una etapa cualquiera, al estado de la etapa siguiente es un proceso que presenta varias alternativas de estados, cada uno de los cuales tiene cierta probabilidad de alcanzarse.

Esta secuencia de estados probables, puede ser descrita analógicamente en forma de un algoritmo de transformación. El cálculo probabilístico cuantitativo de este algoritmo se puede llevar a cabo utilizando la teoría de procesos de Markov u otros procesos estocásticos.

La aplicación de un operador π a un ecosistema en un estado inicial E_i produce un conjunto finito de estados finales E_k caracterizados por tener ciertos valores de W , P y T . El algoritmo de transformación debe diseñarse contemplando el conjunto de alternativas de estado, al aplicar se el operador correspondiente. Cabe mencionarse que, tanto el conjunto de estados resultantes, como probabilidades de transición son diferentes de acuerdo al operador que se aplique. Por lo tanto, existe un conjunto de operadores susceptibles de ser aplicados cada uno de los cuales, a su vez, genera un conjunto de estados resultantes (Figura 5 y 6).

En la programación de algoritmos de transformación es necesario seleccionar dentro del conjunto de operadores funcionales al subconjunto ordenado de operadores y determinar las probabilidades, el trabajo y el tiempo necesario para alcanzar el estado final meta. Para ilustrar lo anterior, en la figura 7 se presenta un algoritmo de transformación de un ecosistema matorral sobreutilizado, con los distintos operadores, estados intermedios y rutas necesarias para alcanzar el estado óptimo que se busca.

En el cuadro 15, se presentan los datos cuantificados de los operadores utilizados en las distintas rutas, describiéndose también las etapas intermedias.

Los valores del trabajo (W), probabilidades (P) y tiempo (T), se dan para una hectárea del área a transformar.

El ecosistema actual está formado por un matorral de nanofanerófitas menos deseables, deseables y hemicriptófitas de bajo vigor. Siguiéndose la primera ruta (X), el primer operador que se aplica es exclusión, es decir, se deja actuar la sucesión natural eliminando las perturbaciones, especialmente del ganado con lo cual la vegetación se recupera; básicamente las deseables que estaban más deterioradas.

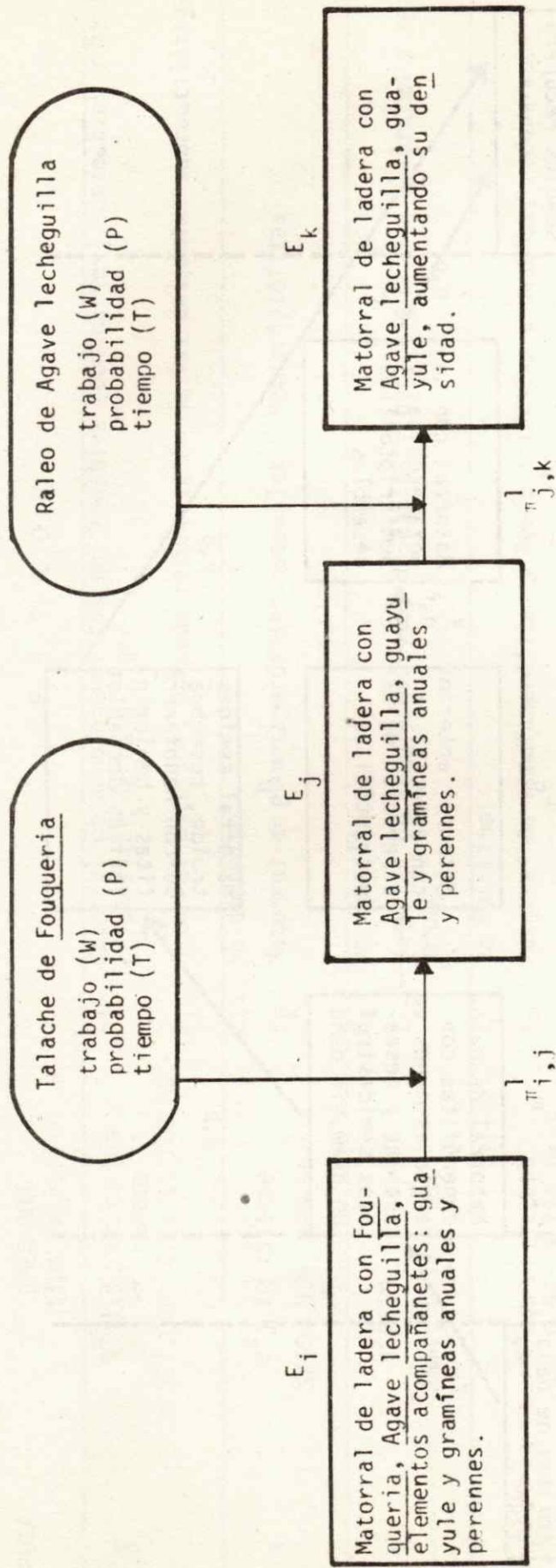


Figura 5. Ejemplo hipotético de un algoritmo de transformación sobre un ecosistema en estado E_i , a través de una ruta 1 para alcanzar el estado E_k , final.

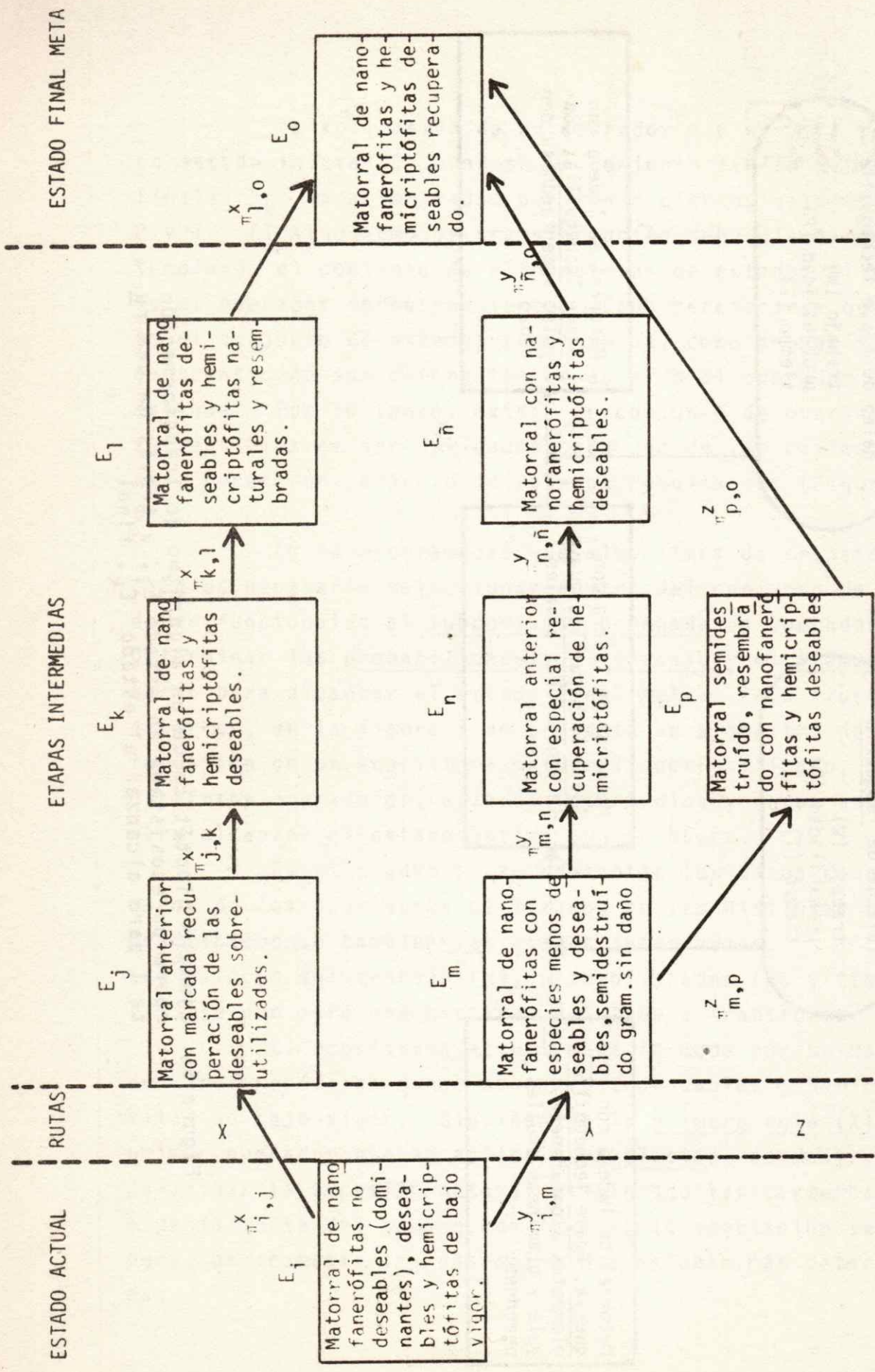


Figura 6. Ejemplo de un algoritmo de transformación de un matorral sobreutilizado (E_i) a un matorral de especies deseables (E_o) por distintas rutas y operadores.

Cuadro 15. Ejemplo de un algoritmo de transformación indicándose las rutas; operadores, estados intermedios y final o meta

		E S T A D O	
RUTA	OPERADOR tipo (W;P;T)		
X	$\pi^X_{i,j}$: exclusión y receso \$15,000; 0.5; 43,200 hs.	E_i : Matorral de nanofanerófitas no deseables (dominantes), deseables y hemi- criptófitas de bajo vigor.	
		E_j : Matorral anterior; marcada recuperación de las deseables sobreutilizadas.	
X	$\pi^X_{j,k}$: talache \$250; 0.9; 120 hs.	E_j : ya descrito E_k : Matorral de nanofanerófitas deseables y hemicriptófitas	
X	$\pi^X_{k,l}$: resiembra \$350; 0.3; 5 hs.	E_k : ya descrito E_l : Matorral de nanofanerófitas deseables y hemicriptófitas naturales y resem- bradas.	
X	$\pi^X_{l,o}$: receso \$0; 0.95; 8,750 hs.	E_l : ya descrito E_o : Matorral de nanofanerófitas y hemicriptófitas deseables, recuperado	
Y	$\pi^Y_{i,m}$: riel \$35; 0.5; 4 hs.	E_j : ya descrito E_m : Matorral de nanofanerófitas con especies menos deseables y deseables, semi- destruido, hemicriptófitas poco dañadas.	
Y	$\pi^Y_{m,m}$: exclusión y receso \$15,000; 0.7; 17,500 hs.	E_m : ya descrito E_n : Matorral anterior con especial recuperación de hemicriptófitas.	
Y	$\pi^Y_{n,\bar{n}}$: herbicida \$300; 0.80; 72 hs.	E_n : ya descrito $E_{\bar{n}}$: Matorral con nanofanerófitas y hemicriptófitas deseables.	

Cuadro 15 . Ejemplo de un algoritmo de transformación indicándose las rutas; operadores, estados intermedios y final o metas. (continuación).

RUTA	OPERADOR tipo (W;P;T)	E S T A D O
Y	$\pi^{Y\bar{n},o}$: receso \$0; 0.95; 8750 hs.	E \bar{n} : ya descrito E $_0$: ya descrito
Z	$\pi^{Zi,m}$: riel \$35; 0.5; 4 hs.	E $_i$: ya descrito E $_m$: ya descrito
Z	$\pi^{Zm,p}$: resiembra \$350; 0.3; 4 hs.	E $_m$: ya descrito E $_p$: Matorral semidestruido, resembrado con nanofanerófitas y hemcriptófitas deseables.
Z	$\pi^{Zp,o}$: exclusión y receso \$15,000; 0.7; 17,500 hs.	E $_p$: ya descrito E $_0$: ya descrito

El segundo operador aplicado es talache, que elimina selectivamente las especies menos deseables y a través de él se llega a un matorral donde las nanofanerófitas deseables y hemicriptófitas pueden mejorar sus condiciones ante la falta de competencia.

El tercer operador de esta ruta se basa en la resiembra de especies nativas, sometiéndose, posteriormente a exclusión y receso. Aunque se considera el valor del trabajo igual a cero, debido a que solo se deja actuar el operador tiempo, es factible calcular la función de costo que representa este lapso de tiempo.

La segunda ruta (Y), parte del mismo ecosistema con la aplicación del operador riel, y como resultado de dicho operador se llega a un matorral de nanofanerófitas deseables y menos deseables semidestruídas, donde las hemicriptófitas no son mayormente dañadas.

El segundo operador en esta ruta consiste en la exclusión y receso del área tratada. La probabilidad en este caso es mayor que en otras exclusiones, puesto que, en el mejoramiento influyen notablemente la remoción del suelo, menor competencia, etc. que derivan de la aplicación del operador anterior.

El tercer operador consiste en la aplicación de herbicidas sobre la vegetación menos deseable. El cuarto y último operador de esta ruta consiste en dejar en receso el área tratada, después de ese lapso el ecosistema alcanza el estado meta planteado.

La tercera ruta (Z), también propone como primer operador la aplicación del riel, llegando así, a un matorral de nanofanerófitas semidestruído. El operador siguiente se basa en la resiembra de especies naturales, cambiando así, la proporción entre el número de especies deseables en comparación con las menos deseables.

El último operador que se aplica es la exclusión,

y tiene por objeto permitir que las especies deseables naturales, y resembradas alcancen una buena población.

El criterio a seguir dependerá fundamentalmente de los requerimientos que las condiciones impongan. En general, las alternativas para seleccionar las metas se basan en el menor costo esperado o el menor tiempo para lograrlas. Las alternativas resultan por lo general mutuamente excluyentes, sin embargo, puede darse el caso de satisfacer ambas simultáneamente. Es posible suponer que los parámetros definidos en los operadores, provengan en última instancia de un mismo origen, y la medición de estos representan diferentes medidas de la entropía contenida en el ecosistema.

En el (cuadro 16), se presentan los datos cuantificados de los operadores utilizados en las distintas rutas, describiéndose las etapas intermedias. De los valores obtenidos para cada una de las rutas, se elige aquella cuyo costo esperado ($\Sigma (W/P)$) sea menor. De los valores obtenidos puede concluirse que la ruta Y cumple el requisito buscado.

Cuadro 16. Resumen de los parámetros: trabajo, producto de probabilidades, tiempo y costo esperado para las rutas X, Y, Z.

Parámetros Rutas	ΣW	Producto		Costo Esperado $\Sigma (W/P)$
		Probabilidades	Σ tiempo	
X	15,600	0.12	52,074	31,444
Y	15,335	0.26	26,322	21,273
Z	15,385	0.10	17,508	22,665

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la aplicación de los operadores fueron los siguientes:

Operador riel: parcela 8 (Cuadro 17)

Longitud del riel: 3,5 m

Peso: 160 Kg.

Tractor marca: International 523

Potencia: 52 H.P.

Ubicación de la parcela: bajada media del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas.

Tamaño: 3,5 x 57 m, aproximadamente 200 m² de superficie.

Suelo: piedras pequeñas en superficie, asfalto de erosión hídrica.

Vegetación: matorral-abierto con tres estratos.

Na: Larrea tridentata, Flourensia cernua, Prosopis glandulosa, Yucca carnerosana.

Nb: Parthenium argentatum, Koeberlina spinosa, Opuntia leptocaulis, Citharexylum sp., Echinocactus sp.

Ca: Zinnia acerosa.

He: Bouteloua karwinskii, Setaria macrostachya, Stipa eminens, Muhlenbergia porteri.

No hubo daño aparente sobre las hemicriptófitas de seables y teniendo en cuenta las características del equipo mencionado, en una hectárea de vegetación en condiciones similares se tendrá 50 %, en promedio, de eliminación de las dos especies más difundidas en dicho terreno: Larrea tridentata y Flourensia cernua. Lo anterior es para una sola pasada de riel, y no tendría objeto hacer una segunda pasada ya que no aumenta considerablemente el porcentaje de plantas destruidas.

El tiempo requerido para cubrir la parcela de 200 m² fué de 48 segundos, por lo tanto, en una jornada de tra-

Cuadro 17. Resumen de la fitocenosis y resultados de la aplicación del operador riel parcela 8.

Estrato arbustivo

Especie	Número inicial de parcela de 200 m ²	Número inicial de plantas/ha	Altura media/cm	Número de plantas destruidas		% plantas destruidas		Cobertura absoluta m ² /ha	Cobertura relativa %	Gasto de Combustible litros/ha
				1a. pasada	2a. pasada	1a. pasada	2a. pasada			
LATR	22	1,100	116.5	13	3	59	13.6	751.6	7.5	
FLCE	71	3,550	97.4	30	24	42.2	33.8	2,320	23.5	
OPLE	19	950	18.0	9	5	47.4	26.3	206	2.0	
PAIN	4	200	45.0	1	3	25.0	75.0			
YUCA	1	50	50.0	1	0	100.0				6.25
ECHIN	1	50	20.5	1	0	100.0				
KOSP	1	50	40.5	1	0	100.0				
PRGL	1	50	30.0	0	0	0.0	0.0			
CITHA	3	150	40.0	0	0	0.0	0.0			

Estrato herbáceo

Especie $\frac{\text{Cobertura m}^2/\text{ha}}{\text{Número tallos/unidad de superficie ha}}$

BOKA 805.5 8.05 10,860 1.08 x 10⁸

bajo de 8 horas se pueden cubrir 12 hectáreas, y el gasto de combustible para esa superficie sería de 75.1 litros. El costo aproximado para la aplicación del operador riel en las 12 hectáreas fué de 137.5 pesos: provenientes de los siguientes conceptos:

pago de un jornal de tractorista	\$ 60.00
gasto de combustible, 75 litros para las 12 hectáreas	137.50

Por lo tanto, el costo para una hectárea es \$11.5; con el 50 % de la vegetación indeseable destruída. Para eliminar el remanente de vegetación indeseable podríase aplicar otro operador con la eficiencia y costo buscado.

Operador fuego: parcela 9 (Cuadro 18).

Equipo usado: lanzallamas a kerosene con 10 litros de capacidad.

Condiciones climáticas: día con sol, leve brisa del N.E., suelo seco.

Ubicación: bajada media, Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas.

Tamaño de la parcela: 200 m²

Suelo: pavimento de erosión con piedras de 0.5 a 2 cm de diámetro.

Vegetación: matorral abierto con estrato herbáceo pobre, en manchas pequeñas, y con los siguientes estratos:

Na: Flourensia cernua, Larrea tridentata, Yucca carnerosana.

Nb: Atriplex canescens, Opuntia leptocaulis, Parthenium argentatum.

He: Stipa eminens, Muhlenbergia porteri, Setaria macrostachya, Bouteloua karwinskii.

Ante la falta de un estrato herbáceo abundante y seco que hubiera servido como combustible para la quema, el operario aplicó la llama a cada planta, comenzando por la

Cuadro 18. Resumen de la fitocenosis y resultados de la aplicación del operador fuego en la parcela 9.

Estrato arbustivo

Especie	Número de plantas		Altura media cm	Cobertura		Gastos de Combustible litros/u. de área 200 m ² ha
	parcela 200 m ²	ha		absoluta m/ha	relativa %	
FLCE	68	3,400	79	153.3	15.3	
LATR	39	1,950	79	177.3	17.7	
OPLE	11	550	25	493.3	4.9	1.5
PAIN	4	200	30	2.0	0.02	
ATCA	2	100	80	19.0	0.19	
ECHIN	1	50	50			
YUCA	1	50	40			

Estrato herbáceo

Grupos o Colonias
número

STEM	55
MUPO	8
SEMA	20
BOKA	6

base de la misma y siguiendo por la copa. Este trabajo se realizó en dos pasadas, la primera fué más rápida pues se buscaba iniciar el fuego en la planta. La segunda, o de repaso, fué más lenta y se trató de quemar el remanente de hojas y sobre todo aplicar suficiente fuego en la base del tallo. Tiempo promedio usado para quemar cada planta:

1a. pasada: 9 segundos

2a. pasada: 20 segundos,

obteniéndose en este caso un control de 30 % aproximadamente.

En base a los datos obtenidos y considerándose una hectárea de terreno, en idénticas condiciones, se tendría una densidad de 6,200 plantas. Si se efectúa doble pasada, se tardará 50 horas; es decir, seis jornales. Además, el gasto de combustible será de 75 litros por hectárea.

El costo de aplicación del operador fuego en una hectárea fué de \$ 296.25, considerando lo siguiente:

seis jornales a \$ 45.00 c/u	\$ 270.00
75 litros de kerosene \$0.35 litro	<u>26.25</u>
total	\$ 296.25

El control obtenido es medianamente bajo, de 20 a 30 %, y su costo de aplicación relativamente alto.

La época más adecuada de aplicación de este operador es normalmente a fines de otoño o pleno invierno para no afectar mayormente a las gramíneas perennes macolladoras, requiriendo el suelo estar húmedo para que el daño a las raíces de las hemicriptófitas deseables y materia orgánica sea mínimo.

Las condiciones climáticas adecuadas para su aplicación es en días sin vientos. Vallentine (1971), sugiere las siguientes precauciones:

preparación de líneas de control,
preparación de combustible necesario,
conducción del fuego.

Operador herbicida: parcela 10 (Cuadro 19).

Equipo usado: aspersor de mochila de 20 litros de capacidad.

Condiciones climáticas: día con sol, con temperatura promedio de 20 °C, durante las horas de trabajo.

Suelo: pavimento de erosión hídrica.

Tamaño de la parcela: 200 m²

Vegetación: matorral abierto con los siguientes estratos:

Na: Flourensia cernua, Larrea tridentata, Opuntia engelmannii.

Nb: Opuntia leptocaulis

Ca: Zinnia acerosa .

He: Bouteloua karwinskii, Stipa eminens, Muhlenbergia villosa.

Se cuantificó el trabajo requerido en la aplicación de este operador, aspersando agua sobre la vegetación sujeta a control. El cálculo económico del producto químico a aplicar se puede obtener en base a las dosis de concentración requerida y el volumen de agua utilizada en este ensayo.

El tiempo promedio de aspersión por planta fué de 6 segundos y el tiempo promedio de búsqueda 3 segundos. El tiempo promedio requerido para una hectárea de vegetación, con un rango de densidad de 1,400 a 3,300 individuos por hectárea fué de 17 horas, incluyendo descansos del operador y tiempo de recarga de la mochila.

Considerando el jornal de 8 horas se requieren 2.5 jornales para una hectárea, lo que implica un costo de 112.5 pesos.

En general se puede decir que para un buen con-

Cuadro 19. Resumen de la fitocenosis y resultados de la aplicación del operador herbicida parcela 10.

Especie	Densidad	Altura media	Cobertura		Gastos de Combustible	
	(individuos/área) parcela 200 m ² ha	cm	absoluta m ² /ha	relativa %	parcela 200 m ²	ha
FLCE	66	93	2,022	20.2		
LATR	28	79.5	1,045	10.4		
OPLE	8	30.0			30	1,500
ECHIN	6	45.0				
OPEN	1	30.0				

trol de Larrea y Flourensia (Herbel, 1973) son suficientes las siguientes dosis: de 2 a 4 Kg/ha de 2,4,-D ó 2, 4,5-T de 0.25 a 1 Kg/ha de Picloram y de 2 Kg/ha o más de fenuron y monuron.

Operador talache:

El operador talache se aplicó sobre las especies menos deseables de las parcelas 2,3 y 4 descritas en los (Cuadros 5,6 y 7).

Las mediciones efectuadas en este operador fueron analizadas gráficamente. Se obtuvieron las correlaciones de ciertos parámetros de la vegetación, tales como: altura de la planta, diámetro de copa y de la base del tallo y otras, con el esfuerzo de aplicación del operador.

Las variables de esfuerzo medidas fueron: el número de talachazos por unidad de tiempo y el tiempo requerido para efectuar la tarea. Los datos graficados en la (figura 7), indican la eficiencia del operario bajo contrato. Asimismo, se cuantificó la eficiencia del operario, (Figura 8), indicando una mayor estabilidad en su tarea. Las tendencias generales de eficiencia, son funciones decrecientes en el tiempo; las pendientes de cada una de ellas dan una medida de la aceleración con la cual se efectúa la tarea, siendo mayor para el primer operario (Figura 8). Debe tenerse en cuenta, sin embargo, los múltiples factores que afectan la eficiencia del operario tales como alimentación, estado de salud, edad, salud psíquica, condiciones ambientales, etc.

Los operarios que efectuaron el trabajo fueron seleccionados, dentro de lo posible, con características similares de edad, lugar de procedencia, estado de salud, efectuando las labores bajo las mismas condiciones ambientales.

Los resultados indican la conveniencia de establecer las jornadas en dos períodos separados por un intervalo

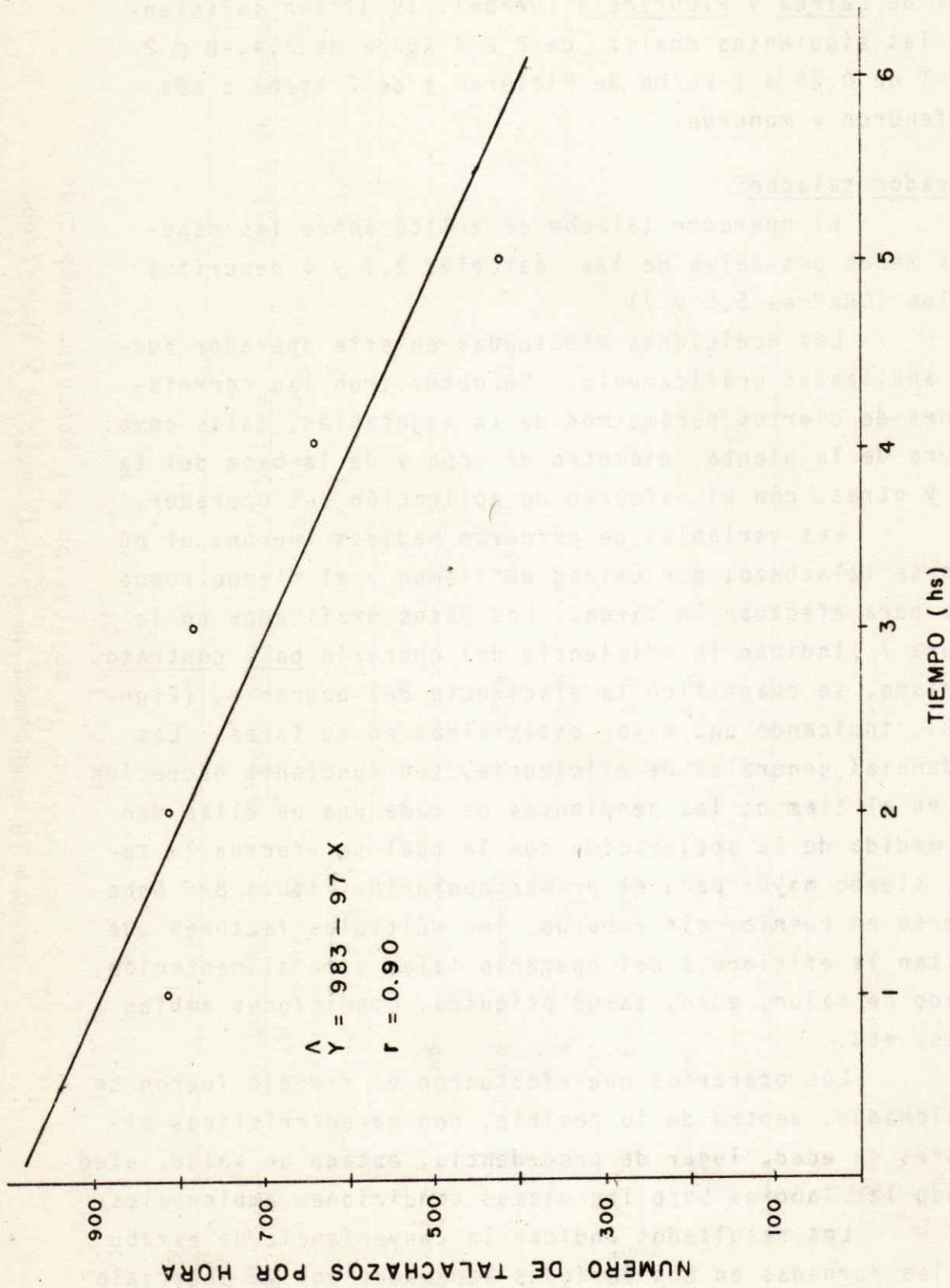


Figura 7. Relación entre el número de talachazos por hora y el tiempo, representa la variación del rendimiento del operario contratado.

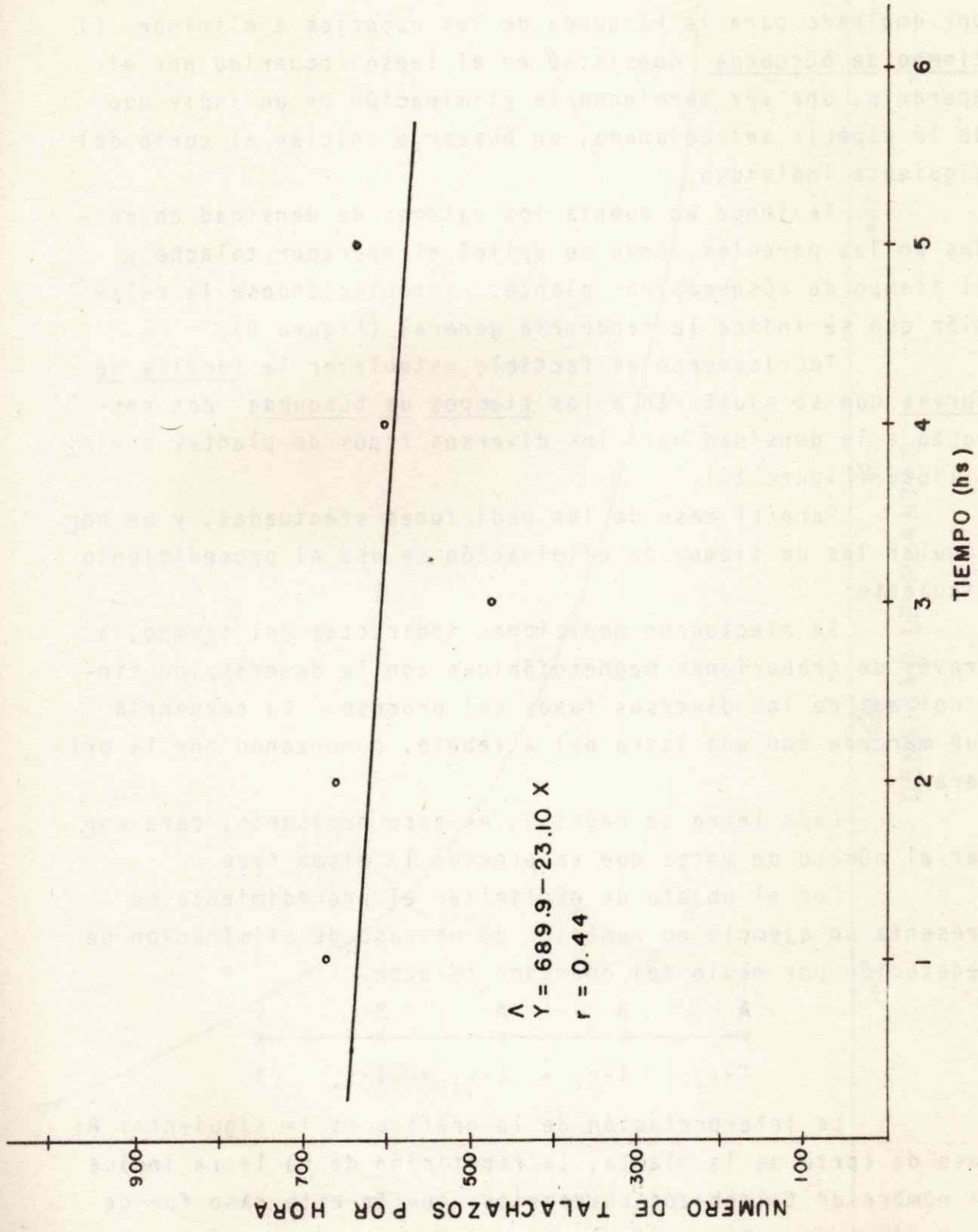


Figura 8. Relación entre el número de talachazos por hora y el tiempo; representa la variación del rendimiento del operario fijo del Campo Experimental.

de reposo o bien cambiar la actividad por otra que requiera menos esfuerzo. Se midió, adicional a lo anterior, el tiempo por empleado para la búsqueda de las especies a eliminar. El tiempo de búsqueda consistió en el lapso requerido por el operario, una vez terminada la eliminación de un individuo de la especie seleccionada, en buscar e iniciar el corte del siguiente individuo.

Teniendo en cuenta los valores de densidad obtenidos en las parcelas donde se aplicó el operador talache y el tiempo de búsqueda por planta. Estableciéndose la relación que se indica la tendencia general (Figura 9).

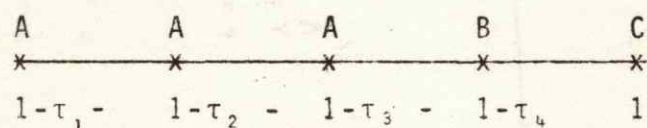
Teóricamente es factible establecer la familia de curvas que se ajustarán a los tiempos de búsqueda con respecto a la densidad para los diversos tipos de plantas o visibilidad (Figura 10).

Para el caso de las mediciones efectuadas, y en particular las de tiempo de eliminación se usó el procedimiento siguiente:

Se efectuaron mediciones indirectas del tiempo, a través de grabaciones magnetofónicas con la descripción sincronizada de las diversas fases del proceso. La secuencia fué marcada con una letra del alfabeto, comenzando por la primera.

Cada letra se repitió, en caso necesario, para contar el número de veces que se efectuó la misma fase.

Con el objeto de explicitar el procedimiento se presenta un ejemplo no numérico de un caso de eliminación de vegetación por medio del operador talache.



La interpretación de la gráfica es la siguiente: A; fase de corte de la planta, la repetición de la letra indica el número de talachazos necesarios, que en este caso fué de 3. B; fase de retirar la planta del lugar o de terminar de cortarla a mano, esta fase puede estar o no. C; fase de búsqueda de otra planta.

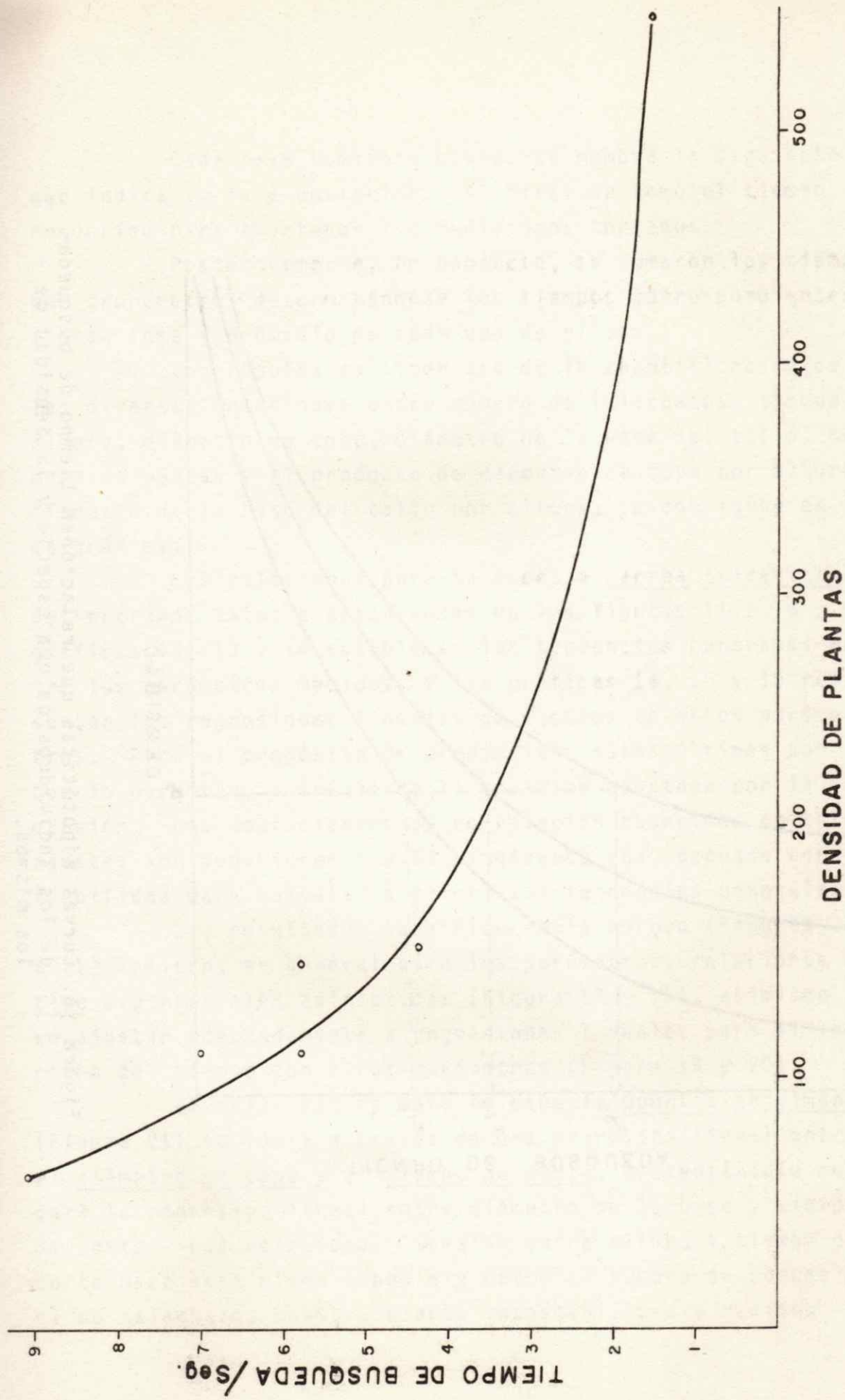


Figura 9. Relación entre el tiempo de búsqueda por plantas y densidad de las mismas por parcela.

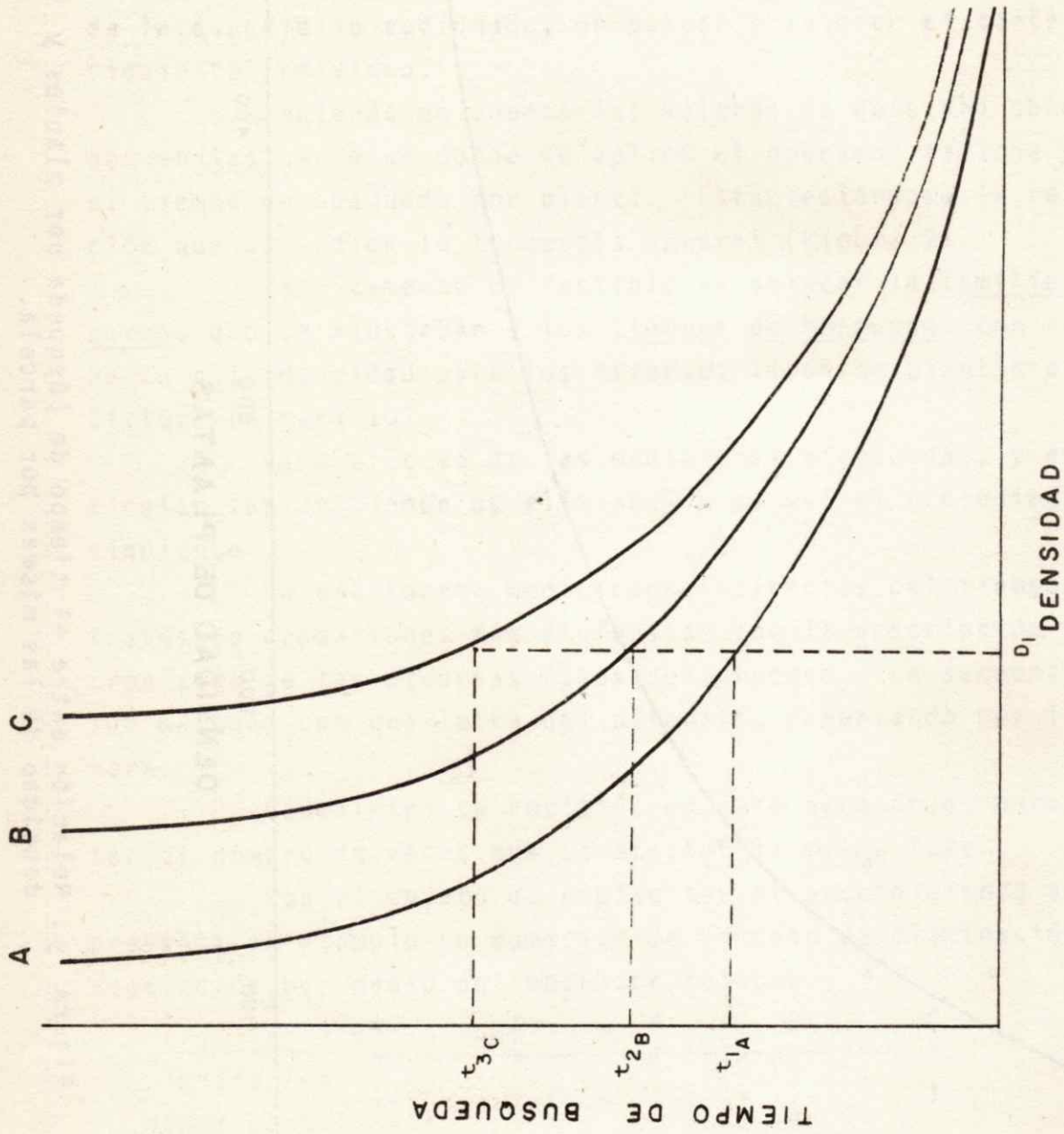


Figura 10. Curvas hipotéticas que relacionan tiempo de búsqueda de los individuos de una especie y la densidad de los mismos.

Cada fase comienza cuando se nombra la siguiente que indica la fase posterior. Al final se tomó el tiempo requerido para amontonar los individuos cortados.

Posteriormente, en gabinete, se tomaron los tiempos con cronómetro, determinándose los tiempos correspondientes a cada fase y promedio de cada uno de ellos.

Los resultados obtenidos de la cuantificación de las diversas relaciones entre número de talachazos, tiempo, altura, diámetro de copa, diámetro de la base del tallo, número de pencas y el producto de diámetro de copa por altura, diámetro de la base del tallo por altura, se consignan en forma gráfica.

Las relaciones para la especie Larrea tridentata del operador talache están dadas en las figuras 11 a 16. Las gráficas 12, 13 y 14 establecen las tendencias generales entre los parámetros medidos; y las gráficas 14, 15 y 16 representan las regresiones lineales de algunos de estos parámetros. Para el propósito de predicción, estas últimas son las que lo permiten, a través de la ecuación ajustada por la regresión. Los coeficientes de correlación obtenidos en estos ajustes son superiores a 0.83, indicando una adecuada confiabilidad para calcular a priori las tendencias generales.

Los resultados para Flourensia cernua (Figuras 17, a 21) indican, en general para los parámetros, relaciones del tipo exponenciales asintóticas (Figura 17 y 18), asimismo se ajustan adecuadamente a regresiones lineales para el logaritmo del tiempo con otros parámetros (Figura 19 y 20).

El mejor ajuste para la especie Opuntia engelmannii (Figura 21) se logra a través de una regresión lineal entre el diámetro de copa y el tiempo de corte, presentándose menor para la regresión lineal entre diámetro de la base y tiempo de corte. Las relaciones lineales entre altura y tiempo de corte para esta misma especie y entre el número de pencas y el de talachazos muestra cierta inestabilidad y mediano

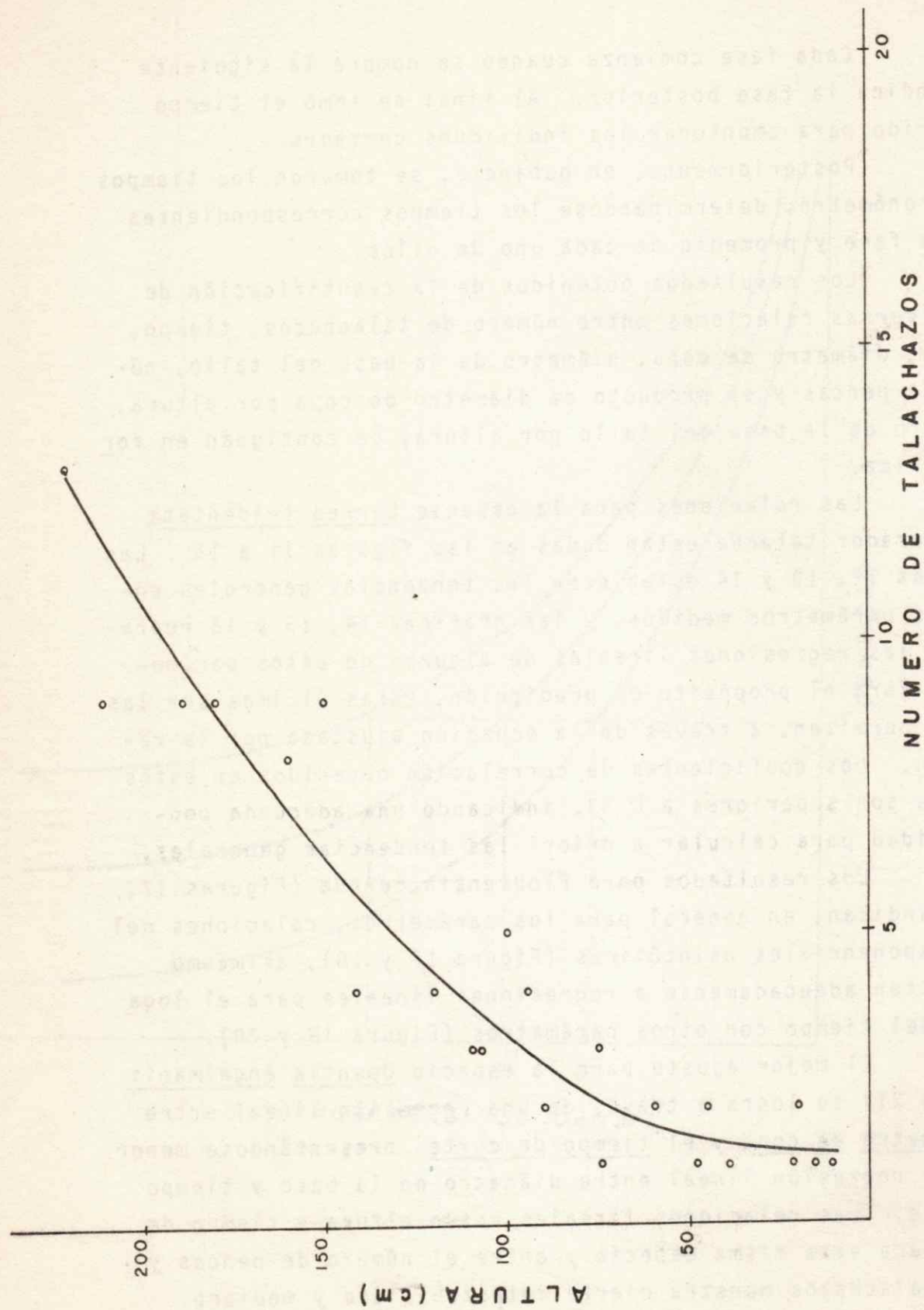


Figura 11. Relación entre la altura de la planta y el número de talachazos, en la eliminación de Larrea tridentata.

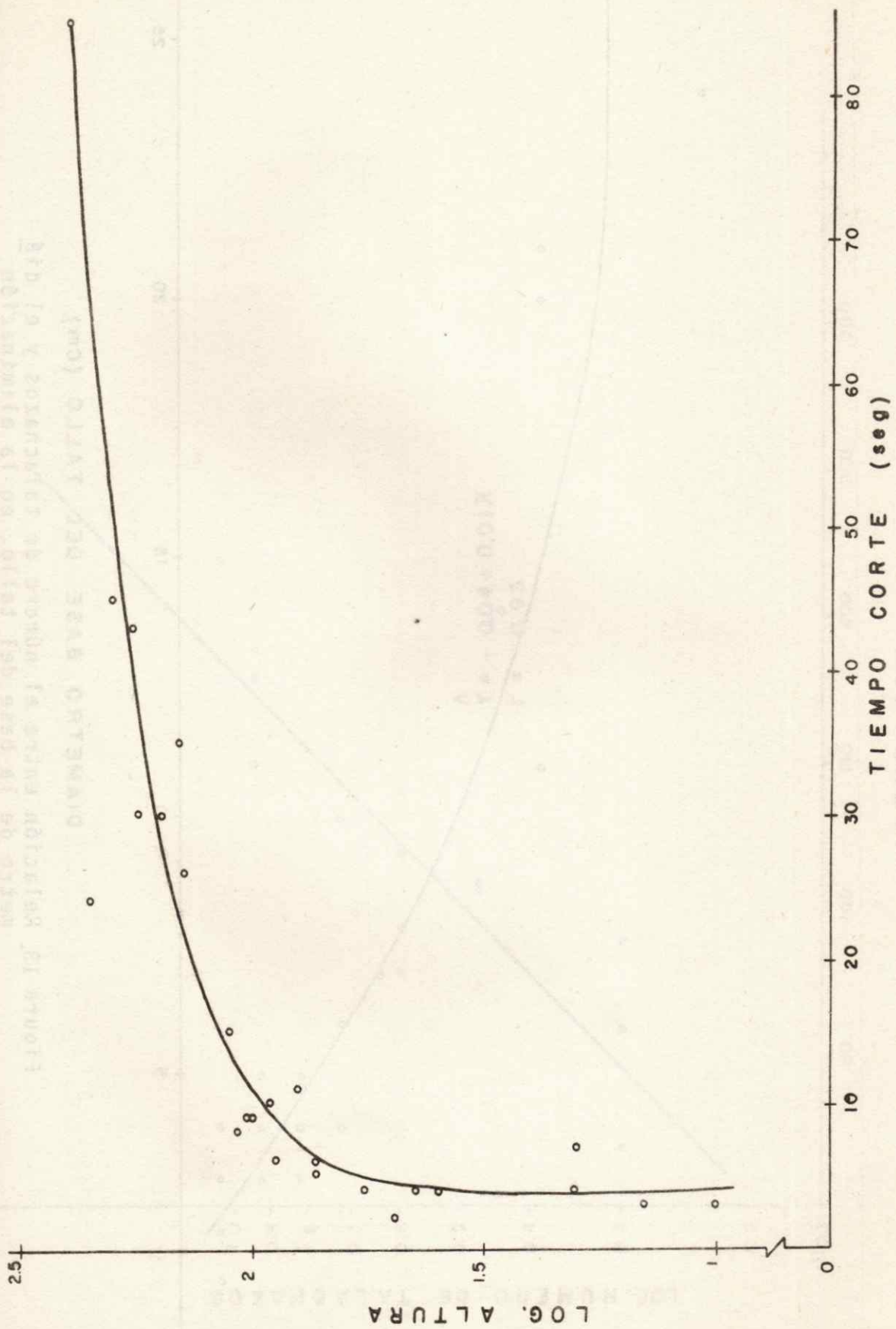
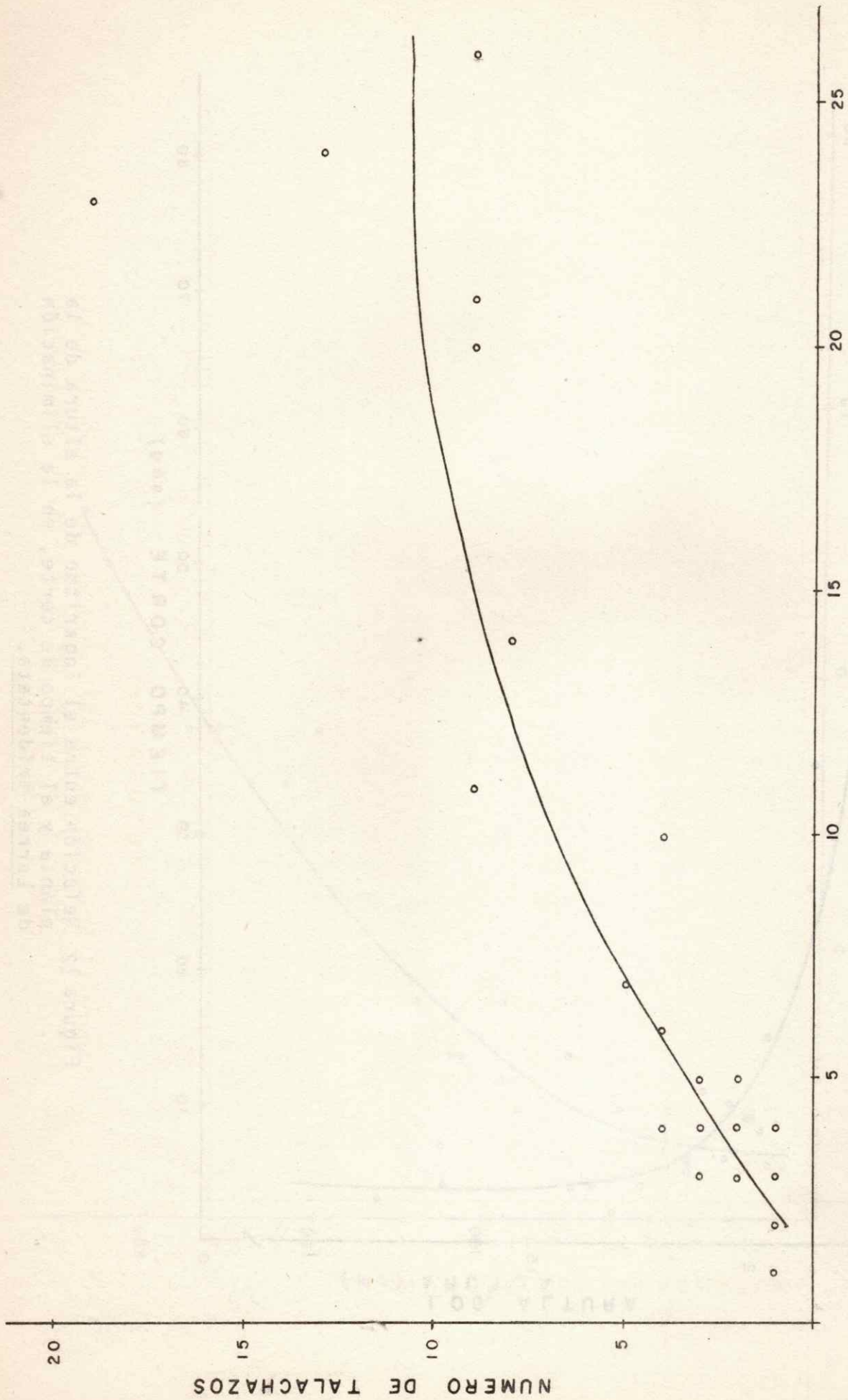


Figura 12. Relación entre el logaritmo de la altura de la planta y el tiempo de corte, en la eliminación de Larrea tridentata.



DIAMETRO BASE DEL TALLO (Cm).

Figura 13. Relación entre el número de talachazos y el diámetro de la base del tallo, en la eliminación de Larrea tridentata.



Figura 14. Relación entre el logaritmo del número de talachazos y la altura de la planta, en la eliminación de Larrea tridentata.

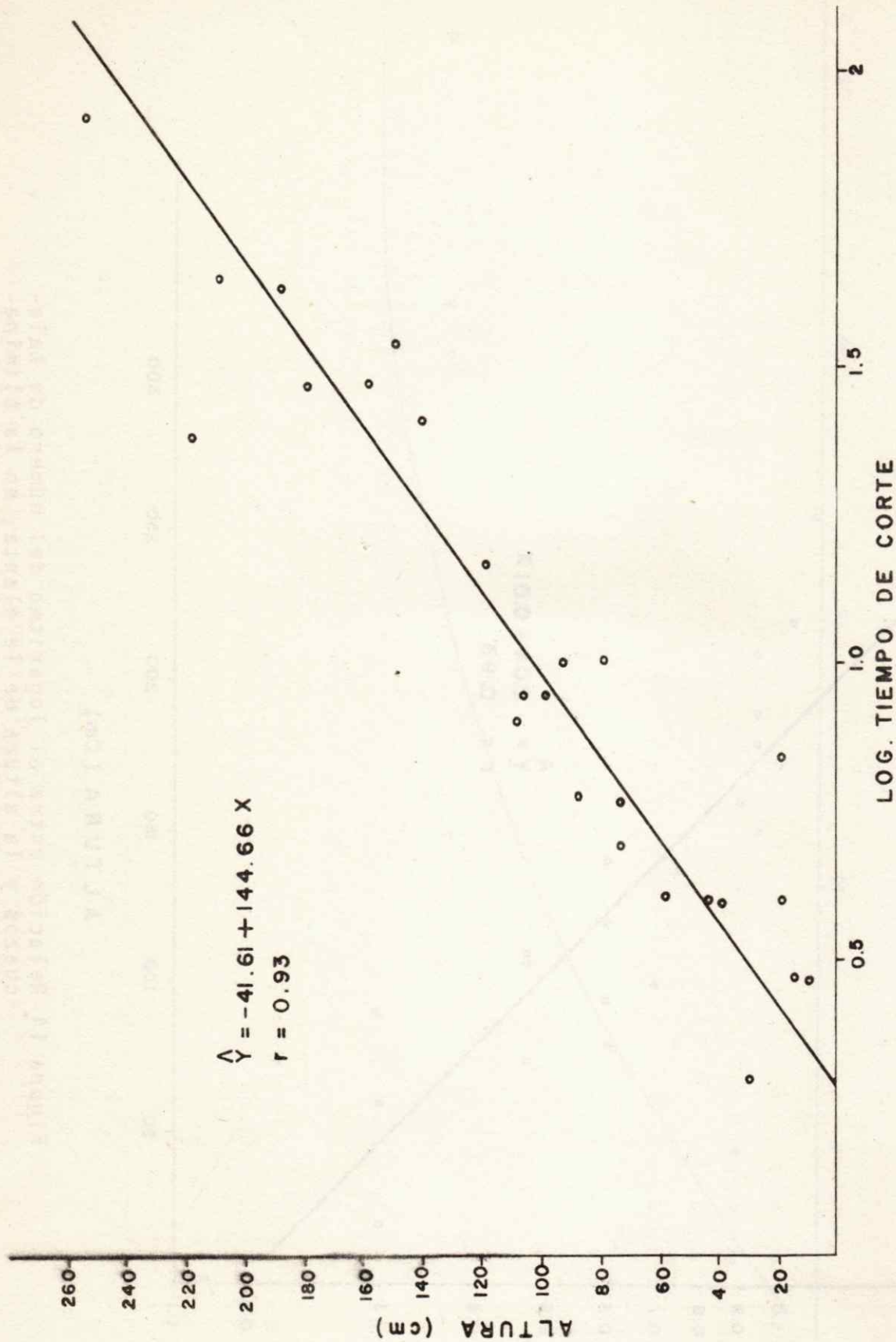
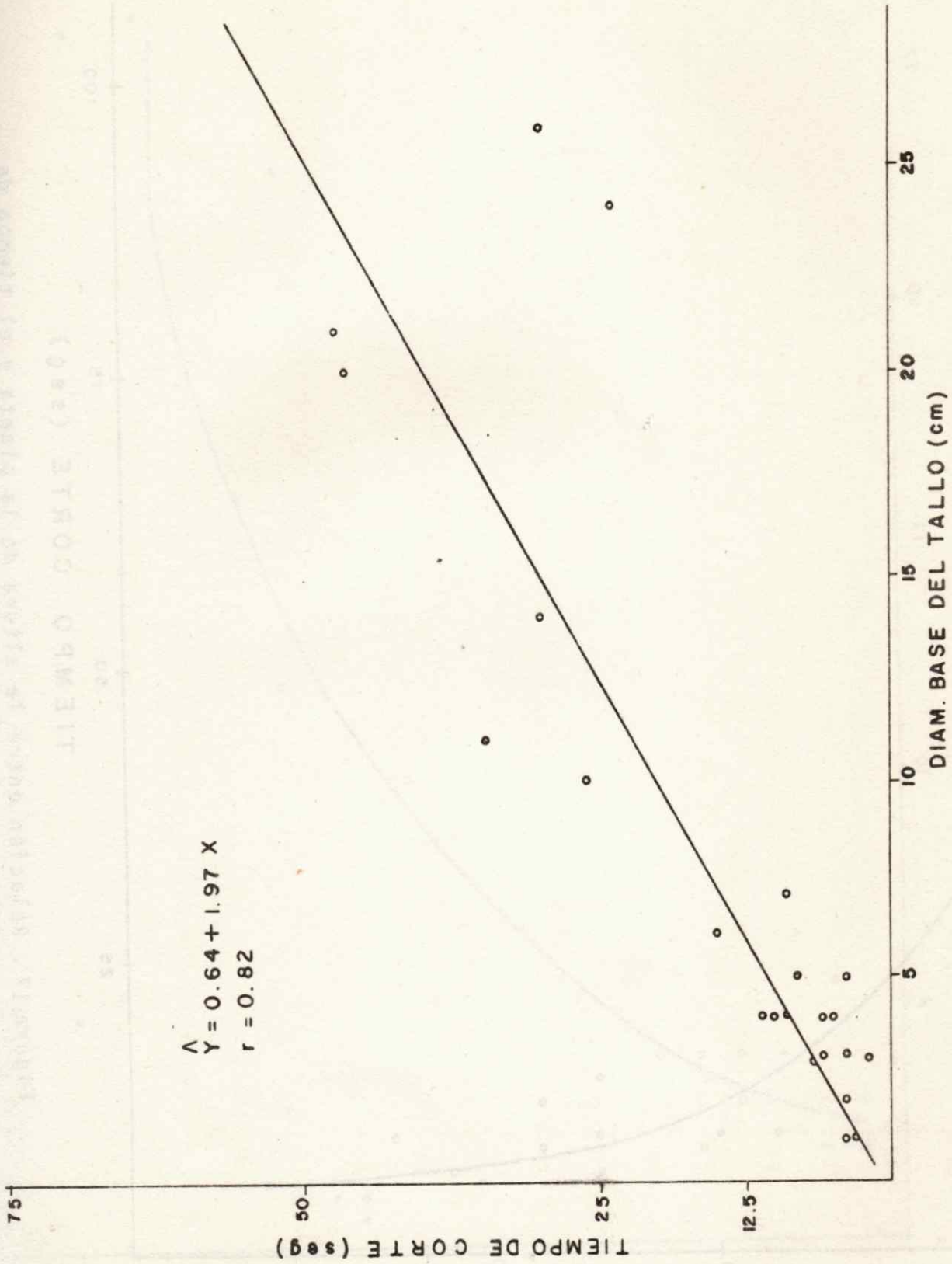


Figura 15. Relación entre la altura de la planta y el logaritmo del tiempo de corte, en la eliminación de Larrea tridentata.



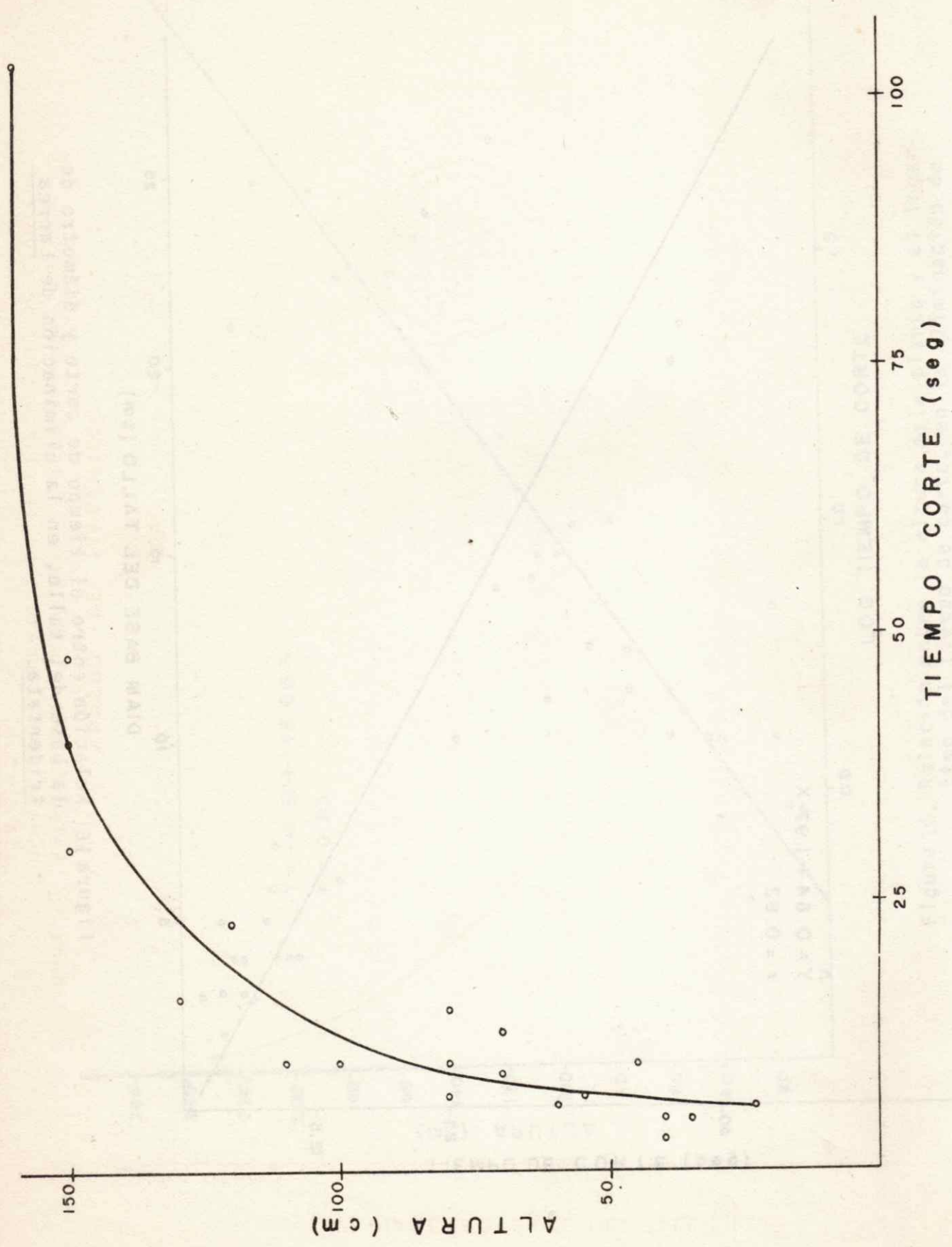
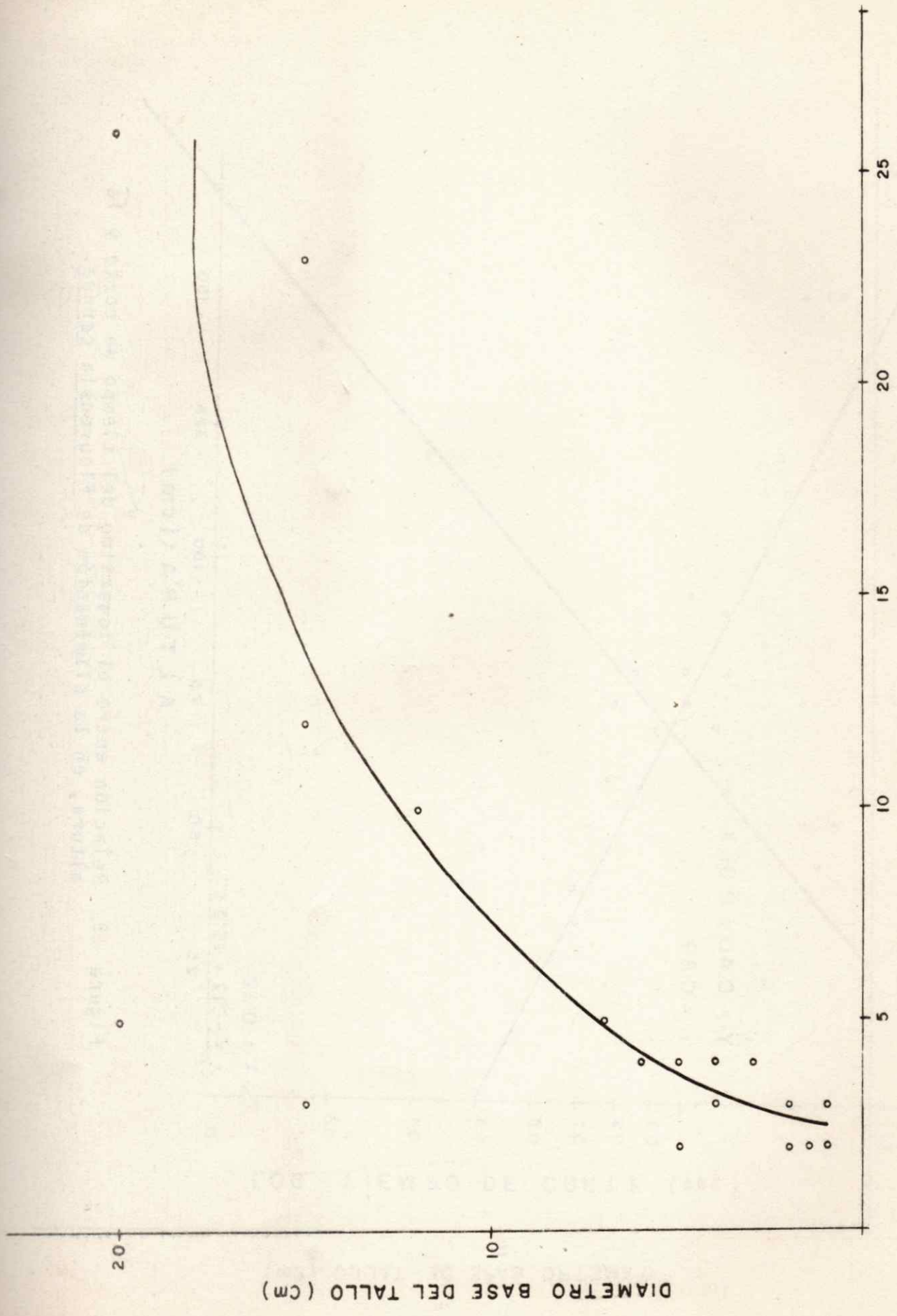


Figura 17 . Relación entre la altura de la planta y el tiempo de corte, en la eliminación de Flourensia cernua.



NUMERO DE TALACHAZOS

Figura 18. Relación entre el diámetro de la base del tallo y el número de talachazos, en la eliminación de Flourensia cernua.

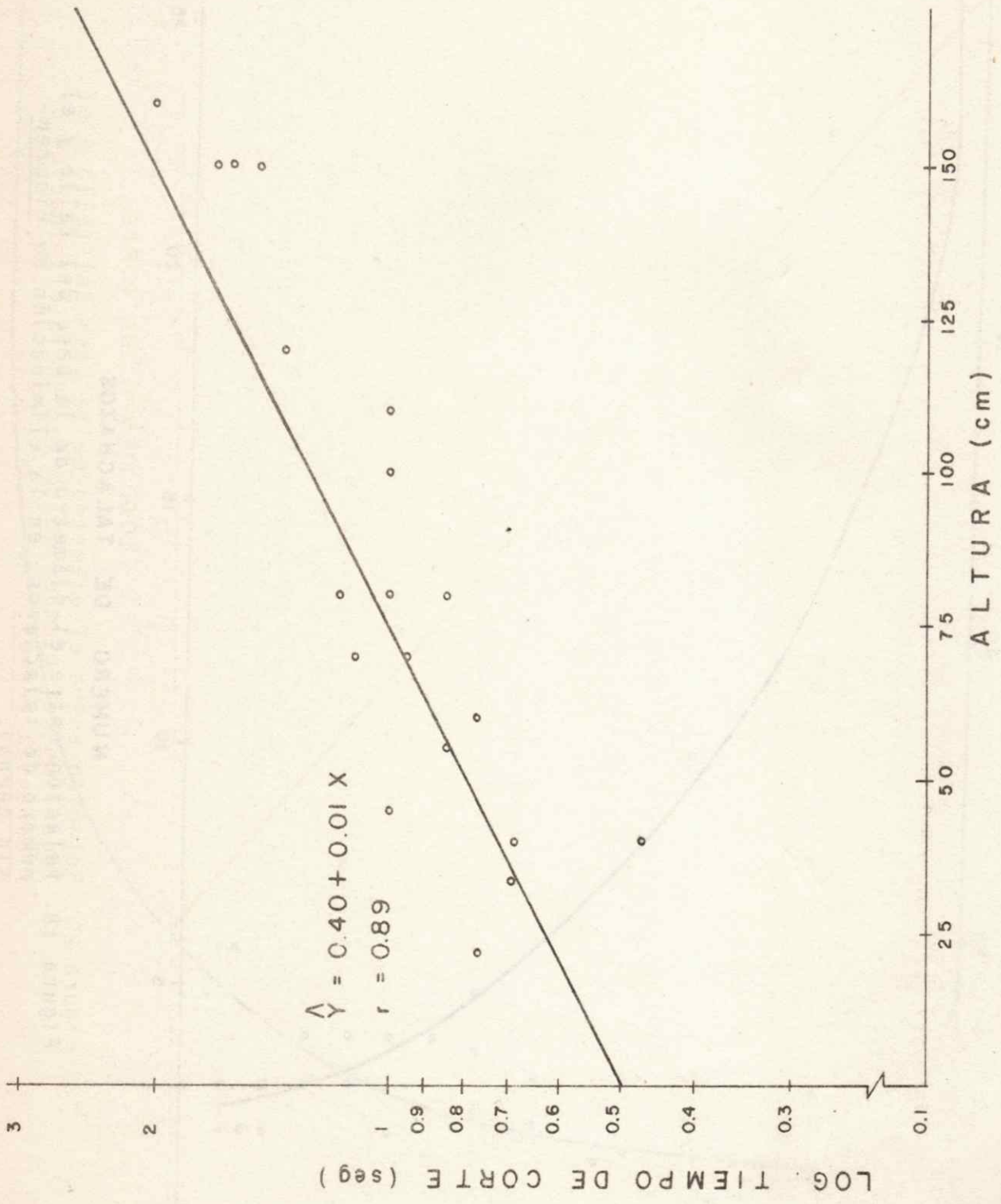


Figura 19. Relación entre el logaritmo del tiempo de corte y la altura, en la eliminación de Flourensia cernua.

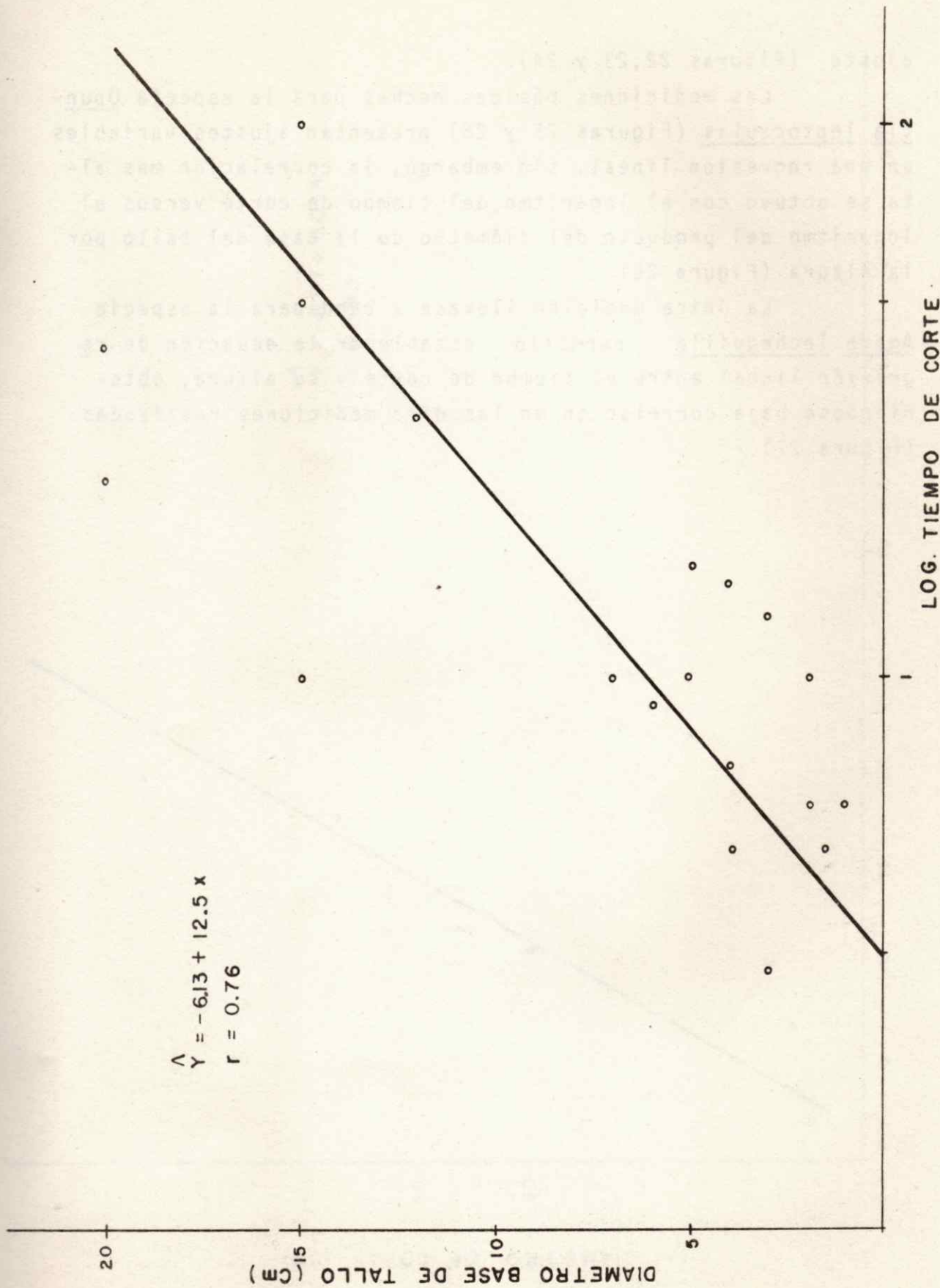
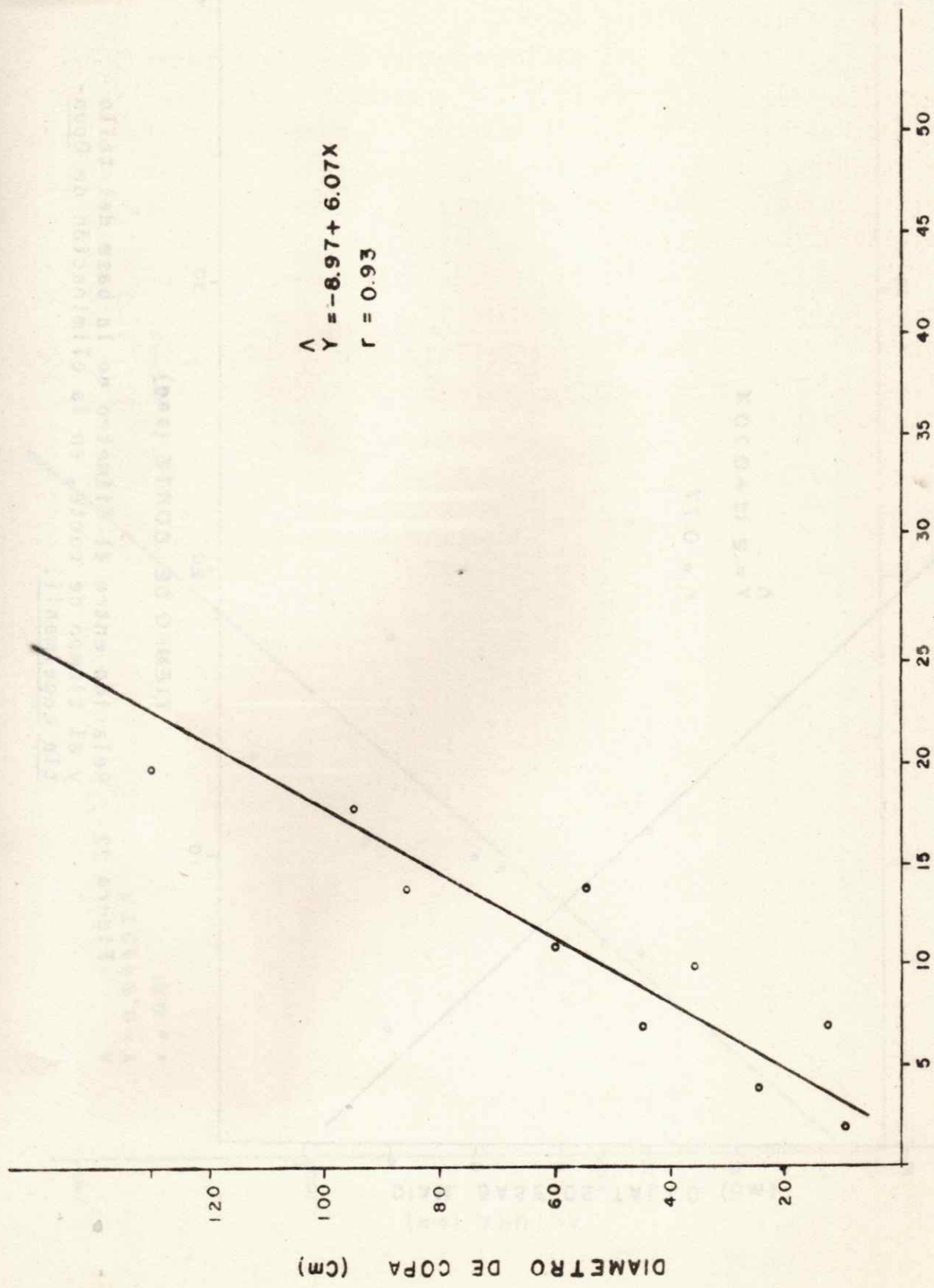


Figura 20. Relación entre el diámetro de la base del tallo y el logaritmo del tiempo de corte, en la eliminación de Flourensia cernua.

ajuste (Figuras 22,23 y 24).

Las mediciones básicas hechas para la especie Opuntia leptocaulis (Figuras 25 y 26) presentan ajustes variables en una regresión lineal, sin embargo, la correlación más alta se obtuvo con el logaritmo del tiempo de corte versus el logaritmo del producto del diámetro de la base del tallo por la altura (Figura 26).

La única medición llevada a cabo para la especie Agave lecheguilla permitió establecer la ecuación de regresión lineal entre el tiempo de corte y su altura, obteniéndose baja correlación en las diez mediciones realizadas (Figura 27).



TIEMPO DE CORTE (Seg)
 Figura 21. Relación entre el diámetro de copa y el tiempo de corte, en la eliminación de Opuntia engelmannii.

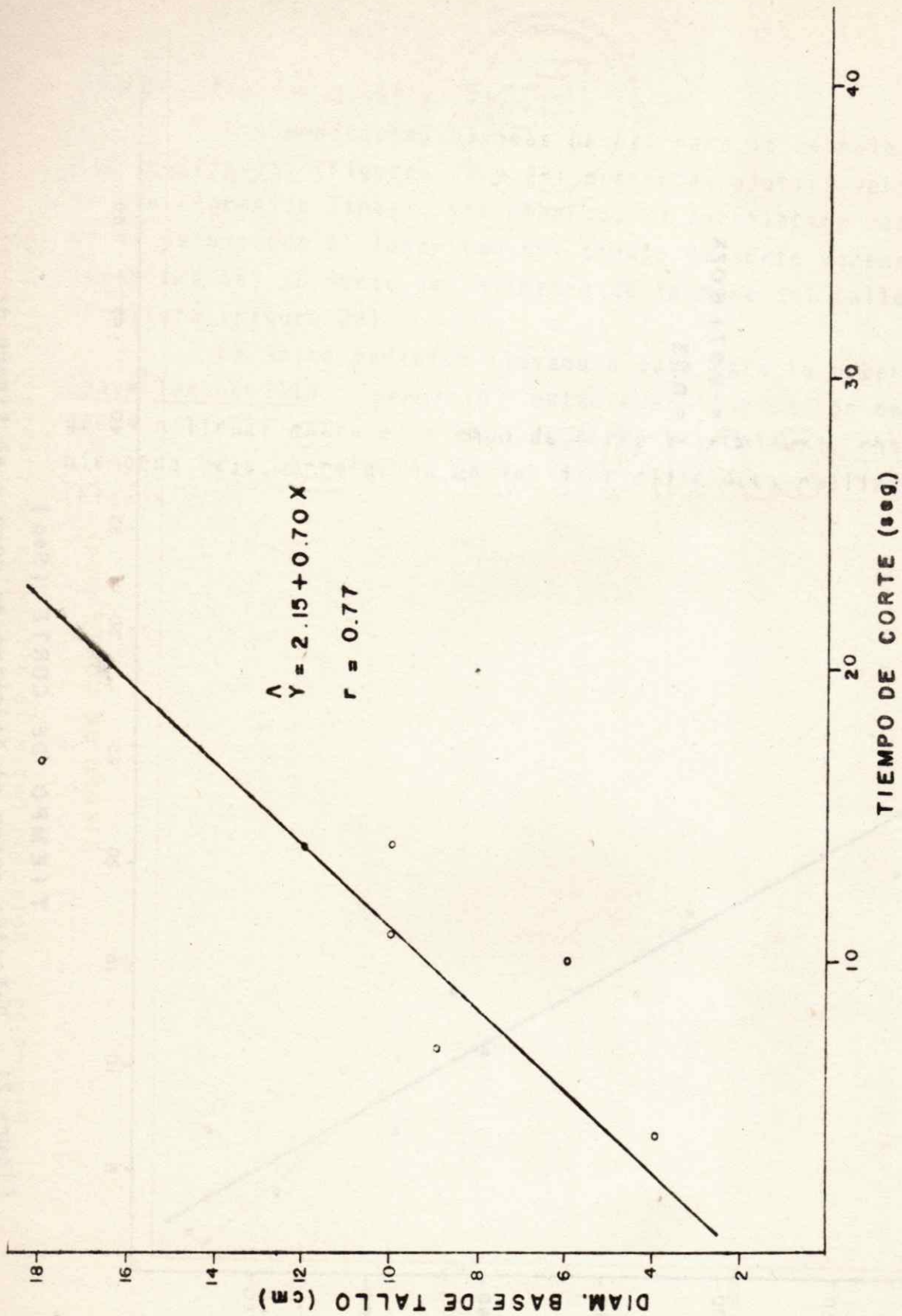


Figura 22. Relación entre el diámetro de la base del tallo y el tiempo de corte, en la eliminación de Opuntia engelmannii.

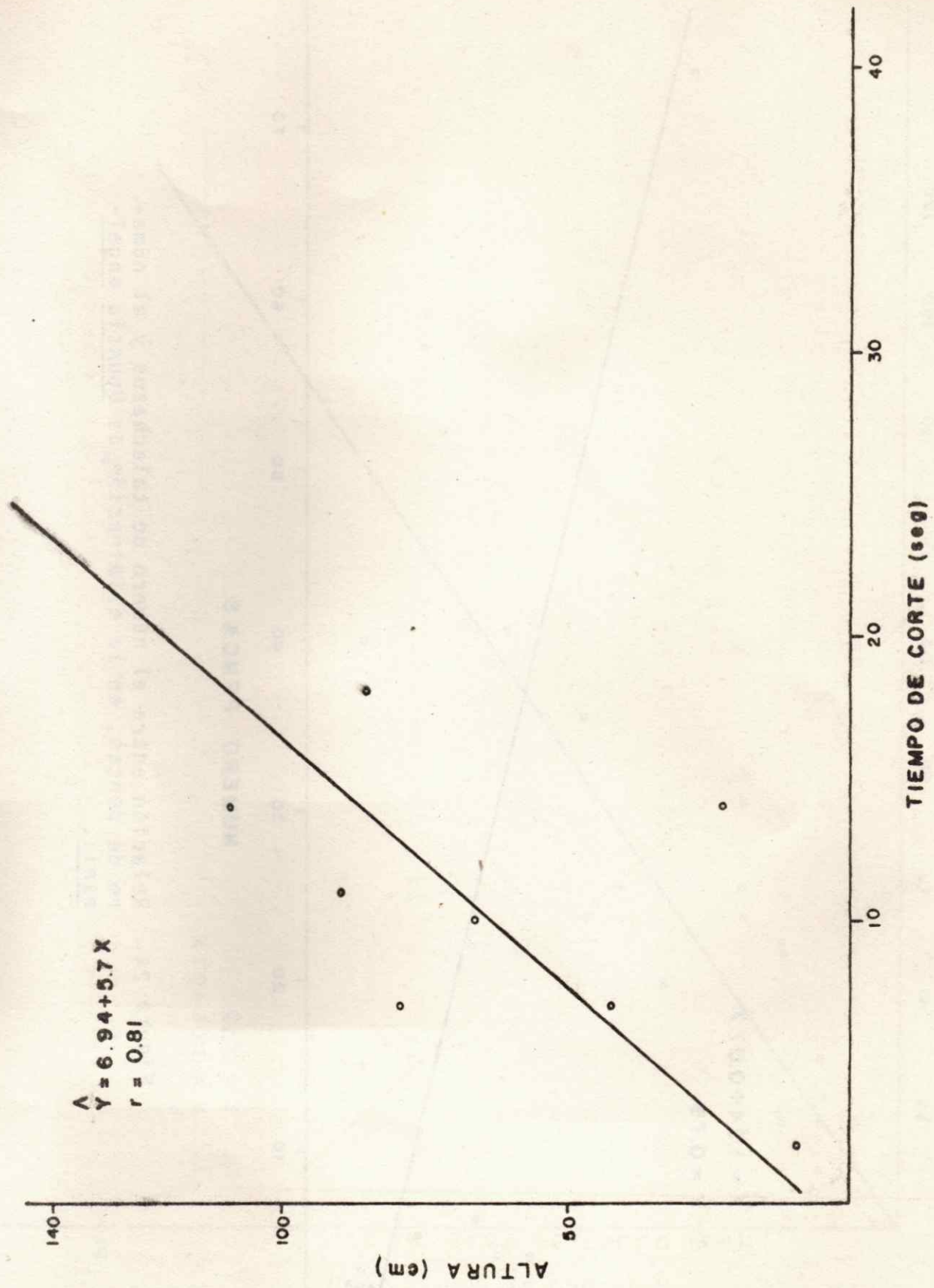


Figura 23. Relación entre la altura de la planta y el tiempo de corte, en la eliminación de Opuntia engelmannii.

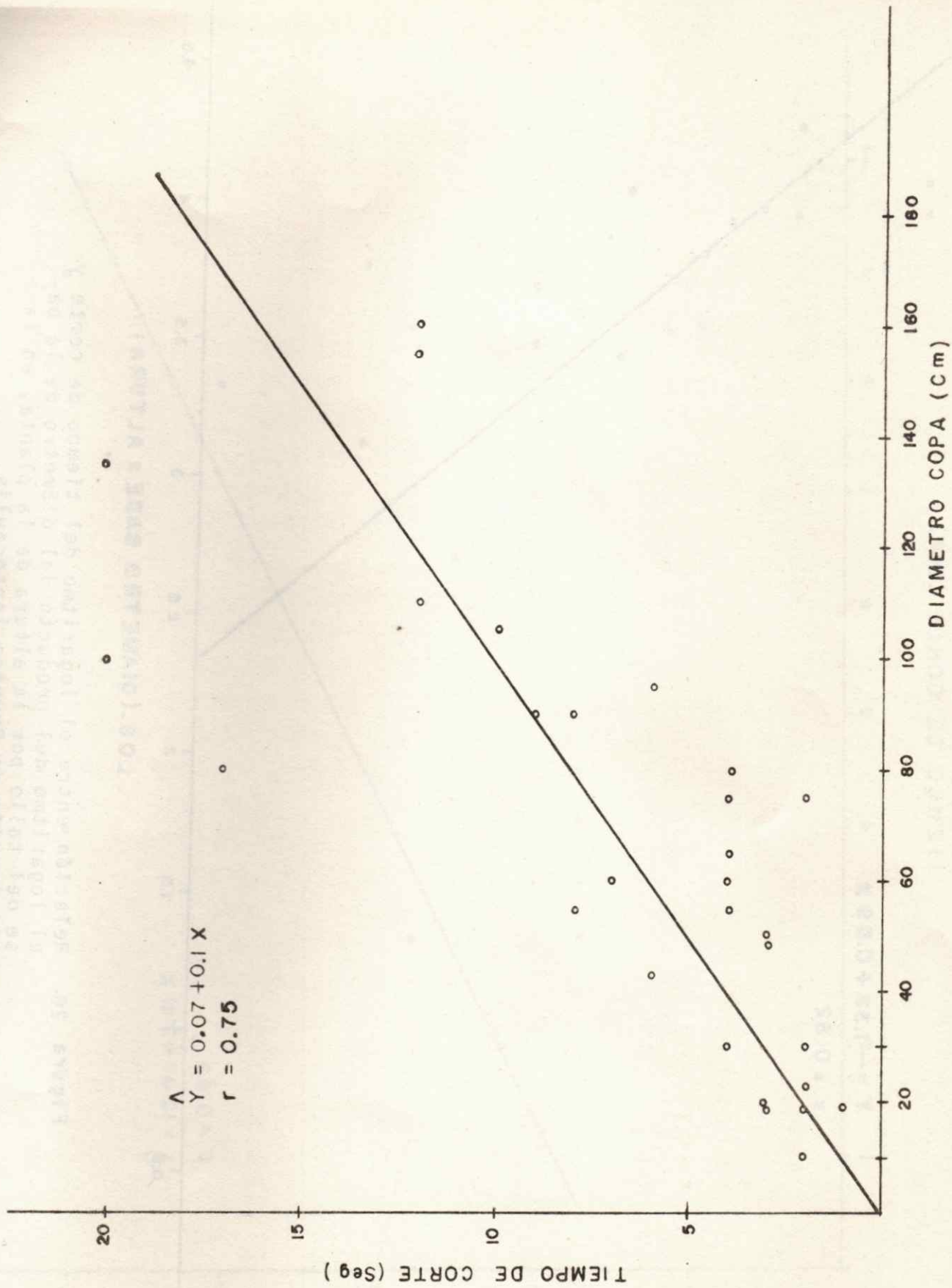


Figura 25. Relación entre el tiempo de corte y el diámetro de copa, en la eliminación de Opuntia leptocaulis.

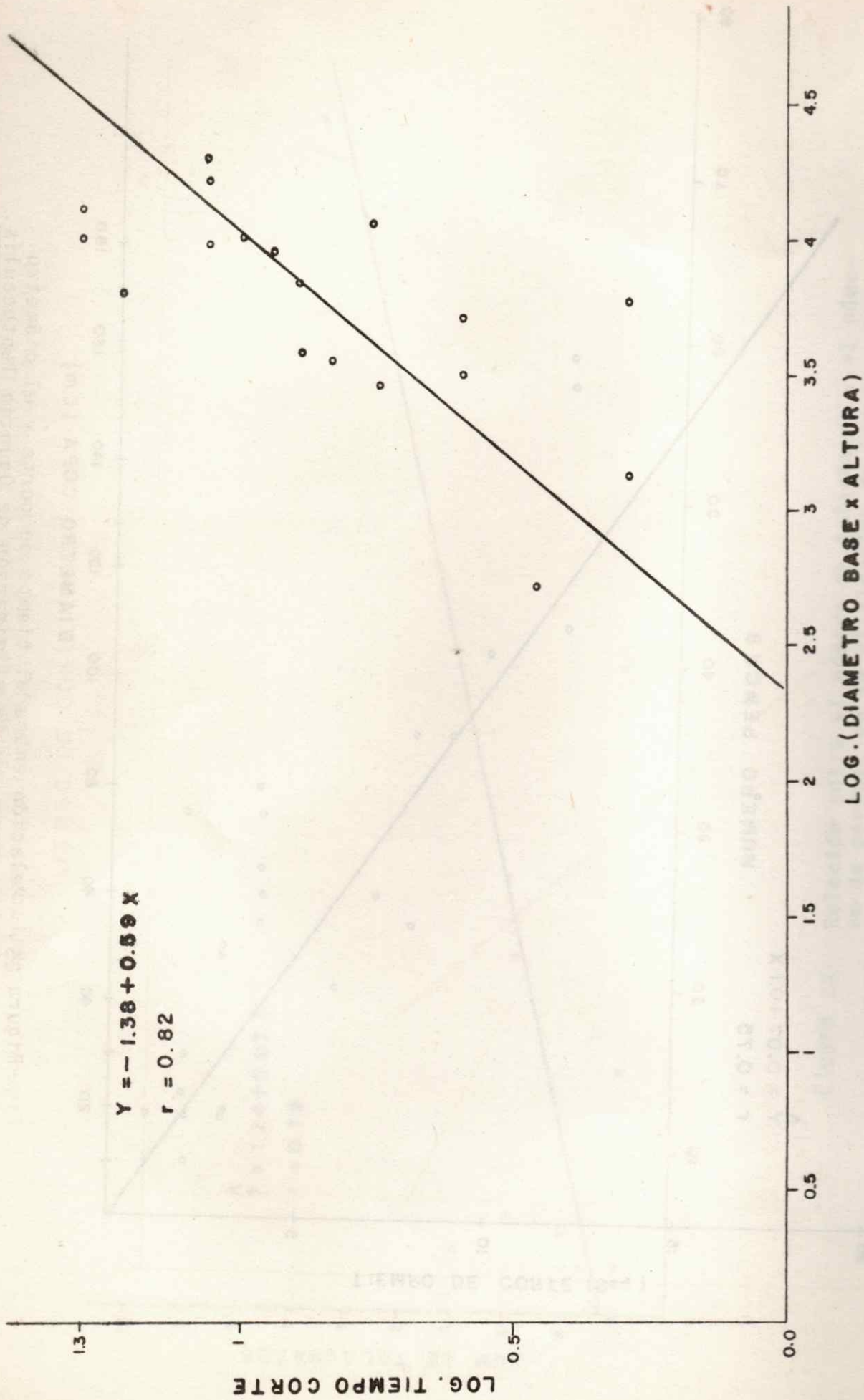
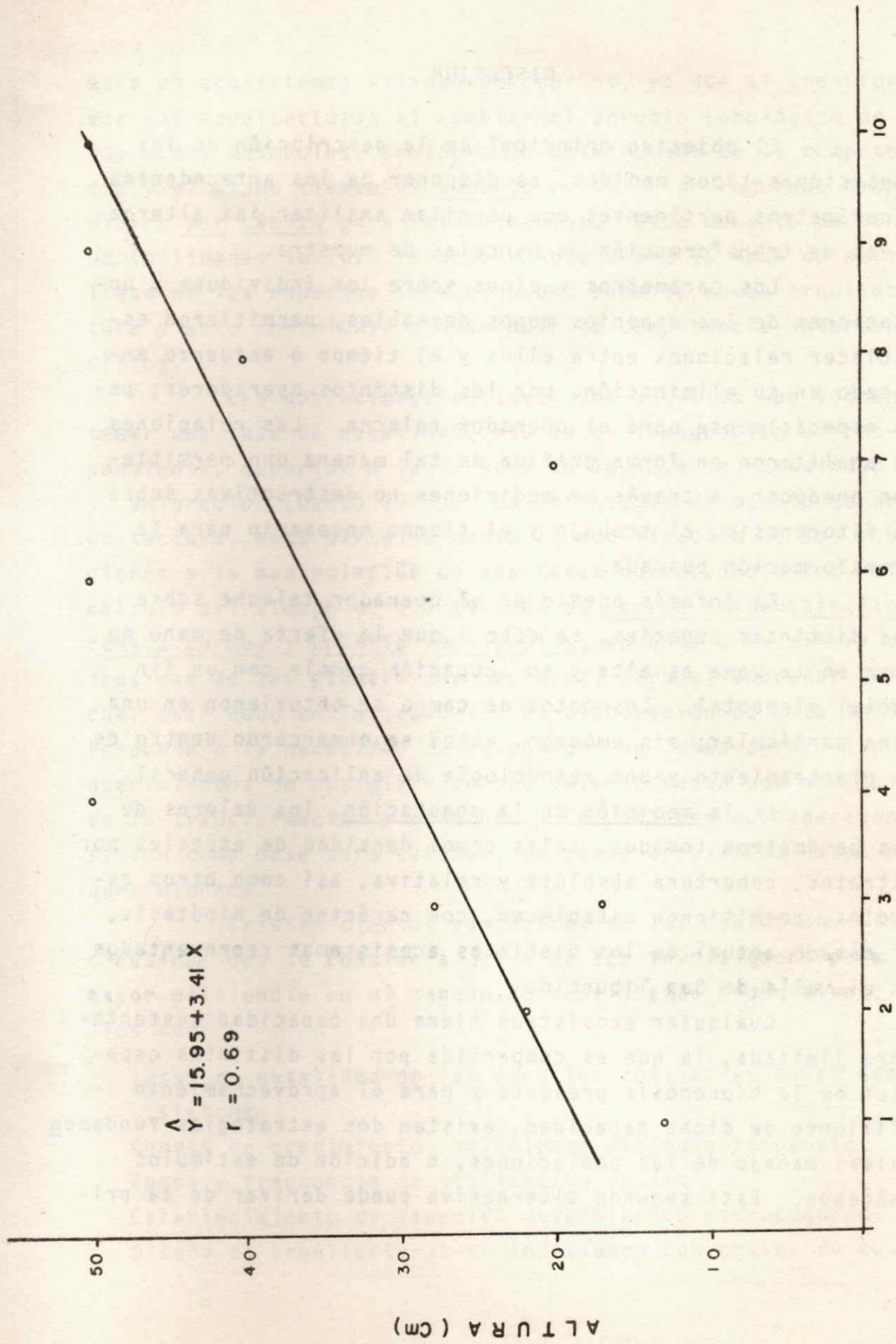


Figura 26. Relación entre el logaritmo del tiempo de corte y el logaritmo del producto del diámetro de la base del tallo por la altura de la planta, en la eliminación de Opuntia leptocaulis.



TIEMPO DE CORTE (Seg)

Figura 27. Relación entre la altura de la planta y el tiempo de corte, en la eliminación de Agave lecheguilla.

DISCUSION

El objetivo principal de la descripción de los ecosistemas-tipos medidos, es disponer de los antecedentes y parámetros pertinentes que permitan analizar las alternativas de transformación en parcelas de muestra.

Los parámetros medidos sobre los individuos y poblaciones de las especies menos deseables, permitieron establecer relaciones entre ellos y el tiempo o esfuerzo empleado en su eliminación, por los distintos operadores; pero especialmente para el operador talache. Las relaciones se analizaron en forma gráfica de tal manera que permitieron predecir, a través de mediciones no destructivas sobre la fitocenosis, el trabajo y el tiempo necesario para la transformación buscada.

El énfasis puesto en el operador talache sobre las distintas especies, se debe a que la oferta de mano de obra en la zona es alta y su ocupación cumple con un fin social elemental. Los datos de campo se obtuvieron en una zona particular; sin embargo, estos se enmarcaron dentro de un planteamiento y una metodología de aplicación general.

En la medición de la vegetación, los valores de los parámetros tomados, tales como: densidad de especies por estratos, cobertura absoluta y relativa, así como otros estudios, permitieron establecer, con carácter de hipótesis, el estado actual de los distintos ecosistemas representados en el valle de San Tiburcio.

Cualquier ecosistema tiene una capacidad sustentadora limitada, la que es compartida por las distintas especies de la biocenosis presente y para el aprovechamiento eficiente de dicha capacidad, existen dos estrategias fundamentales: manejo de las poblaciones, o adición de estímulos exógenos. Esta segunda alternativa puede derivar de la pri-

mera en ecosistemas silvoagropecuarios, ya que al transformar las arquitecturas al cambiar el arreglo topológico de las menos deseables, se logra la disminución de la competencia y al mismo tiempo el aumento relativo de recursos disponibles per cápita para las deseables. Este aumento de disponibilidades influye favorablemente sobre la tasa de natalidad de las especies seleccionadas para la nueva arquitectura y esto contribuye a disminuir la competencia interespecífica.

Las poblaciones exitosas son aquellas que logran tener una tasa de natalidad, más la de inmigración correspondiente, superior a la de suma de la tasa de mortalidad y emigración (Gastó 1975). La estrategia de cambio de arquitectura, está dirigida hacia la modificación de las poblaciones y la manipulación de las tasas correspondientes. El cálculo del tiempo de eliminación de Larrea tridentata, Flourensia cernua y Opuntia leptocaulis, en base a la altura y densidad de las plantas por hectárea, para el operador talahe, está dado en la tabla 1. La elaboración de esta tabla responde a la necesidad de establecer en forma a priori los requerimientos de energía y su equivalente costo por emplear en la transformación a efectuar. Los valores que aparecen sirven como base para estimar, en forma aproximada estos requerimientos.

Existen ciertos parámetros de las poblaciones fitocenósicas que se considera deberían ser investigados para una mayor eficiencia en el manejo de ecosistemas productivos; ellos son:

Tasas de natalidad de las especies contenidas en el ecosistema.

Curvas de crecimiento, relaciones estímulo-respuesta.

Epoca y frecuencia de utilización óptima.

Establecimiento de especies deseables en microcuencas.

Diseño de arquitecturas de individuos con costos de cose

Tabla 1. para cálculo del tiempo de eliminación de vegetación no deseable en base a la altura y densidad de plantas por ha* para operador talache

T I E M P O S

Especie	Larrea tridentata		Flourensia cernua		Opuntia leptocaulis		
	Densidad por ha.	a l t u r a 10-80 cm (chica)	a l t u r a 20-70 cm (chica)	a l t u r a 70-120 cm (mediana)	a l t u r a 0-48 cm (chica)	a l t u r a 48-86 cm (mediana)	a l t u r a 86 cm (grande)
0	0	0	0	0	0	0	0
10	50"	8'10"	1'10"	1'40"	20"	1'	1'10"
20	1'40"	16'19"	2'20"	3'19"	40"	2'	4'19"
30	2'30"	25'	4'	5'	1'	3'	7'
40	3'19"	33'	5'	7'	1'20"	4'	9'
50	4'10"	41'	6'	8'	2'	5'	11'
100	8'19"	1h.22'	12'	17'	3'	10'	22'
150	12'30"	2h.2'	18'	25'	5'	15'	33'
200	16'40"	2h.43'	23'	33'	7'	20'	43'
250	20'49"	3h.24'	29'	42'	8'	25'	54'
300	25'	4h.5'	35'	50'	10'	30'	1h.
350	29'10"	4h.46'	41'	58'	12'	35'	1h.16"
400	33'19"	5h.26'	47'	1h.7'	13'	40'	1h.26"
450	37'30"	6h.8'	53'	1h.15'	15'	45'	1h.38"
500	41'40"	6h.49'	58'	1h.23'	17'	50'	1h.49"
600	50'	8h.10'	1h.10'	1h.40'	20'	1h.	2h.10'
700	1h.4'	9h.32'	1h.22'	1h.56'	23'	1h.10'	2h.32'
800	1h.7'	10h.53'	1h.34'	2h.13'	27'	1h.20'	2h.53'
900	1h.15'	12h.15'	1h.45'	2h.30'	30'	1h.30'	3h.15'
1000	1h.23'	13h.37'	1h.56'	2h.47'	33'	1h.40'	3h.37'
1500	2h.5'	20h.25'	2h.55'	4h.10'	50'	2h.30'	5h.25'
2000	2h.47'	27h.13'	3h.53'	5h.34'	1h.7'	3h.20'	7h.13'
2500	3h.28'	34h.2'	4h.51'	6h.56'	1h.23'	4h.10'	9h.2'
3000	4h.10'	40h.50'	5h.50'	8h.20'	1h.40'	5h.	10h.50'
3500	4h.52'	47h.38'	6h.49'	9h.43'	1h.56'	5h.50'	12h.38'
4000	5h.34'	54h.26'	7h.47'	11h.7'	2h.13'	6h.40'	14h.26'
4500	6h.15'	61h.15'	8h.45'	12h.30'	2h.30'	7h.30'	16h.15'
5000	6h.56'	68h.4'	9h.43'	13h.53'	2h.47'	8h.20'	18h.4'

cha bajos.

Determinación de el conjunto de funciones de arquitecturas más pertinente, que permita estructurar modelos de funcionamiento con fines predictivos.

Dado que se carece de información cuantitativa acerca de tasas de natalidad en poblaciones naturales, no es factible establecer las tasas de mortalidad artificial que optimicen el funcionamiento del ecosistema. Asimismo no es viable el cálculo de los tiempos requeridos para que la población ocupe la totalidad de la capacidad sustentadora disponible. Por lo anterior, fué necesario acudir a un conjunto de valores hipotéticos de tasas de natalidad, con el objeto de establecer, conceptualmente, una matriz que contenga los tiempos requeridos para alcanzar un porcentaje de la capacidad sustentadora total (Cuadro 20).

Para determinar dicho tiempo se entra en las filas, por la tasa de natalidad de la población y en las columnas por la capacidad sustentadora que ofrece el ecosistema. En base a estos datos se construyó la figura 28, que establece las relaciones hipotéticas entre la tasa de cambio r de la población y el logaritmo del tiempo necesario para que dicha población logre ocupar el 90 % de la capacidad sustentadora que le ofrece el ecosistema. Dicha figura muestra la familia de curvas que resultan de considerar distintas capacidades sustentadoras (K).

El programa general para el cálculo del tiempo requerido por una especie, con una tasa de cambio r , una población inicial N_0 y con diversas capacidades sustentadoras se incluye en el apéndice. El objetivo de este programa es el de permitir al técnico, con el auxilio de una calculadora manual y con la información requerida, poder tomar decisiones adecuadas en el terreno. El programa esta codificado para una máquina calculadora portátil del tipo H.P. 25.

Es necesario agregar, que cualquier transformación

Cuadro 20. En el cuadro se dan los tiempos requeridos para ocupar el 90% de la capacidad sustentadora K (total) de un ecosistema, por una población inicial de 200 individuos. Las filas indican los tiempos para diversas capacidades sustentadoras con una misma tasa de cambio r. Las columnas para K constante y 4 variable.

r	K									
	1,000	2,000	3,000	5,000	10,000	20,000	30,000	40,000	50,000	
0.001	2,867.89	3,956.00	4,515.96	5,162.74	5,970.19	6,727.75	7,156.72	7,456.79	7,687.65	
0.01	287.75	397.25	453.48	518.49	599.64	675.76	718.86	749.01	772.20	
0.1	29.71	41.27	47.19	54.03	62.55	70.52	75.03	78.18	80.60	
0.2	15.34	21.46	24.59	28.19	32.66	36.85	39.21	40.86	42.13	
0.4	8.11	11.51	13.23	15.22	17.67	19.95	21.23	22.13	22.82	
0.6	5.61	8.15	9.41	10.85	12.62	14.27	15.19	15.84	16.33	
0.8	4.42	6.45	7.48	8.65	10.08	11.10	12.14	12.66	13.05	
1.0	3.65	5.42	6.30	7.31	8.53	9.66	10.29	10.73	11.07	
1.2	3.13	4.72	5.51	6.40	7.49	8.48	9.04	9.43	9.72	
1.4	2.74	4.21	4.93	5.75	6.73	7.63	8.14	8.49	8.76	
1.6	2.44	3.82	4.49	5.25	6.16	6.99	7.45	7.77	8.02	
1.8	2.20	3.59	4.14	4.85	5.71	6.48	6.91	7.21	7.44	
2.0	2.00	3.26	3.86	4.53	5.34	6.07	6.48	6.76	6.97	
2.5	1.60	2.78	3.34	3.94	4.67	5.31	5.67	5.92	6.11	
3.0	1.29	2.45	2.97	3.54	4.20	4.79	5.12	5.34	5.52	
3.5	1.00	2.20	2.70	3.23	3.86	4.41	4.71	4.92	5.08	
4.0	0	2.00	2.49	3.00	3.59	4.11	4.40	4.60	4.75	
5.0	----	1.69	2.17	2.65	3.21	3.68	3.94	4.12	4.26	
8.0	----	1.00	1.59	2.07	2.56	2.98	3.20	3.35	3.46	
10.0	----	0	1.32	1.83	2.32	2.71	2.92	3.06	3.16	
15.0	----	----	0	1.43	1.94	2.31	2.50	2.63	2.72	
20.0	----	----	----	1.11	1.71	2.08	2.26	2.38	2.47	
25.00	----	----	----	0	1.53	1.91	2.09	2.21	2.29	

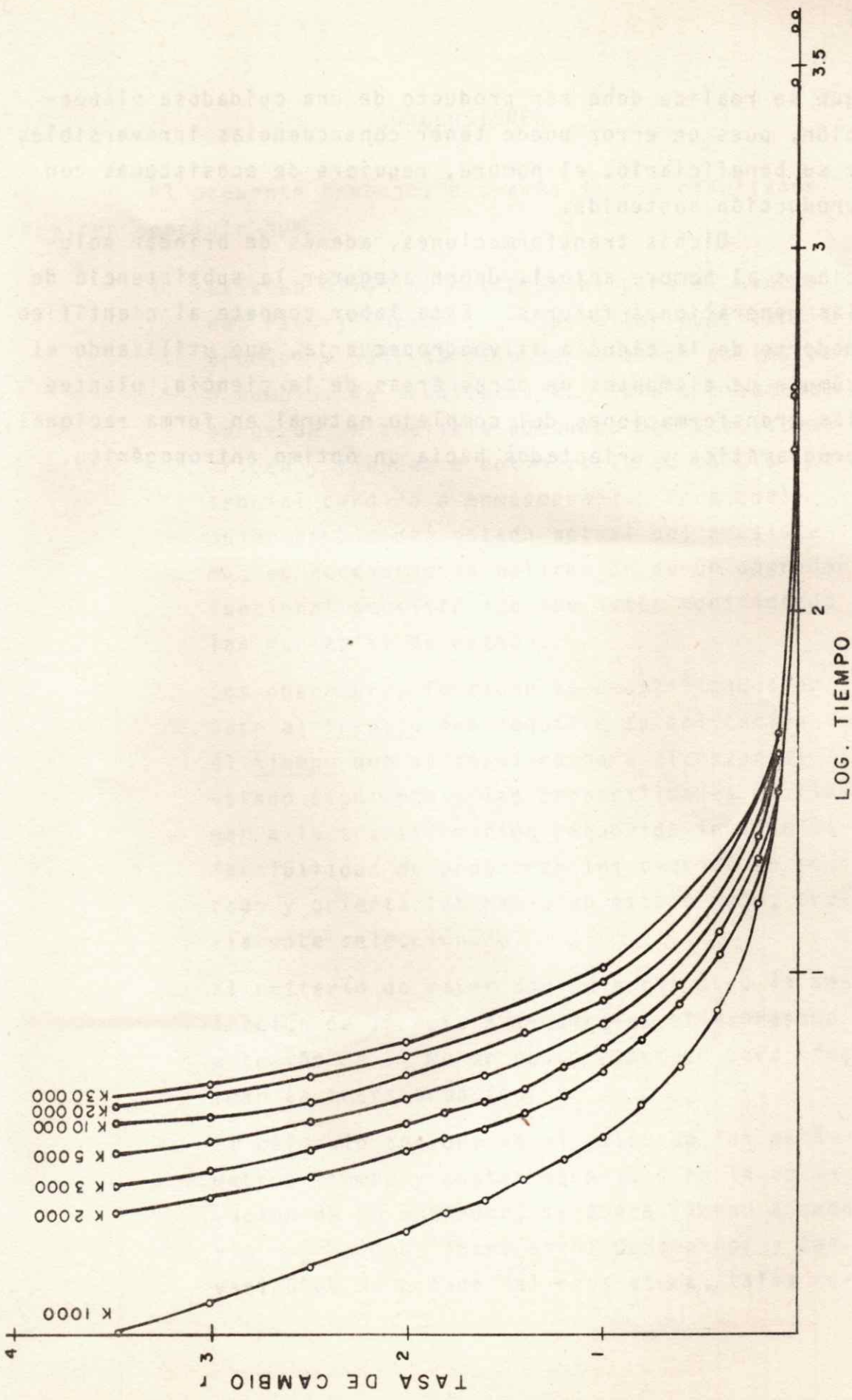


Figura 28 Relacion entre la tasa de cambio y de una poblacion y el logaritmo del tiempo en que se alcanza el 90% de las distintas capacidades sustentadoras de ecosistemas para $N. \approx 200$ individuos

que se realice debe ser producto de una cuidadosa planeación, pues un error puede tener consecuencias irreversibles y su beneficiario, el hombre, requiere de ecosistemas con producción sostenida.

Dichas transformaciones, además de brindar soluciones al hombre actual, deben asegurar la subsistencia de las generaciones futuras. Esta labor compete al científico moderno de la ciencia silvoagropecuaria, que utilizando el cúmulo de elementos de otras áreas de la ciencia, plantee las transformaciones del complejo natural en forma racional, programática y orientados hacia un óptimo antropogénico.

CONCLUSIONES

El presente trabajo, a través de sus resultados permiten concluir que:

1. Existen diversas estrategias para el manejo del recurso natural que permiten aumentar la productividad: adición de tasas de estímulos o cambios de arquitectura. Esta últimamente surge de un análisis adecuado del ecosistema origen y tienden a optimizarlo en base al potencial perdido o enmascarado. Para cualquier cambio del estado actual del ecosistema, es necesario la aplicación de un operador funcional ecosistémico que actúe modificando las variables de estado.
2. Los operadores funcionales cuantificados en base al trabajo que requiere su aplicación, el tiempo que se requiere para alcanzar el estado siguiente y las probabilidades de llegar a la transformación requerida indican la factibilidad de programar los cambios de estado y orientarlos hacia un estado meta, previamente seleccionado.
3. El criterio de mayor conveniencia para la selección de la ruta a seguir, es el expresado a través de el menor costo esperado para efectuar la transformación.
4. El cálculo apriori de el valor de los parámetros tiempo y costo requeridos en la aplicación de un operador, se puede llevar a cabo vía regresiones entre estos parámetros y las variables de estado del ecosistema, tales co-

mo: diámetro de copa; altura, pendiente etc., y a través de formas tabulares con los valores de las relaciones complejas necesarias para el cálculo requerido. La validez de estas relaciones tienen un carácter de aplicación general.

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo entre diciembre de 1975 y mayo de 1976 en el Campo Experimental Noria de Guadalupe, Estado de Zacatecas y perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Coahuila, México.

Por medio de parcelas se realizó el análisis de los distintos tipos de vegetación a lo largo del gradiente fisiográfico de la cuenca endorréica del Valle de San Tiburcio. En las parcelas se midieron aquellos parámetros de la vegetación y ecotopo que se consideraban más pertinentes, con el objeto de conocer el estado actual de los distintos elementos de la fitocenosis, clasificándose las especies en deseables y menos deseables.

Considerando la transformación de la arquitectura fitocenósica actual como una de las estrategias de mejoramiento más conveniente, se evaluaron distintos operadores ecosistémicos de transformación en las parcelas respectivas. Los datos obtenidos se usaron para construir gráficas donde se correlacionan esfuerzos de eliminación de las indeseables con algunos parámetros propios de la especie en cuestión.

Se elaboraron ejemplos de algoritmos de transformación en distintos ecosistemas, donde se incluyen los estados intermedios y los operadores funcionales aplicados en las distintas rutas posibles.

Con los datos obtenidos en el campo, se graficó y construyó una tabla para la determinación de los tiempos de eliminación de indeseables, con especial referencia al operador talache.

Se construyó una tabla hipotética de doble entrada destinada a calcular el tiempo necesario, para que una población inicial dada, alcance el 90 % de la capacidad sustentadora del ecosistema, teniendo en cuenta la tasa de natalidad de la especie y la capacidad sustentadora total de sistema.

S U M M A R Y

The present work was conducted at the field Noria de Guadalupe, state of Zacatecas during the months of december and may of 1975 and 1976, respectively.

The vegetation parameters considered more pertinent were measured along the physiographic gradient of the San Tiburcio watershed. A clasification of the more desirable species was conducted. The species were classified as desirable and less desirable, stablishing an hypothesis of the present state of the ecosystem.

Measurements of the different types of vegetation were taken stablishing experimental parcels along the physiographic gradient of the San Tiburcio watershed. The relevent parameters measured consisted of those of the ecotopo and phytocoenosis such as specific density, coverture, average height, canpoy diameter and base of stem among others.

Under the assumption that and architectural transformation is the most adequate strategy for improving the behavior of the ecosystem, several transformation operators were measured on the experimental parcels. The data obtained from the application of the operators was graphed obtaining correlation coefficients between the cost (ecological cost) of eliminating the undersirable species and other parameters pertaining to the species.

Several transformation algorithms were elaborated to exemplify the procedure. These algorithms included the intermediate states, the applied functional operators and the possible distinct routes.

A table was elaborated from the time data required in eliminating the undersirables, in reference to an operator and specially to the manual operator.

A double entry hipothetical table was constructed to calculate the time required for a population to reach

BIBLIOGRAFIA

- Armijo T., R., R. Nava C. y J. Gastó C. 1976. Fundamentos de transformación de ecosistemas. Univ. Autónoma Agr. Antonio Narro. Monog. Técnico-Científica 2:1-57. UAAAN. Saltillo, Coah.
- Becht, G. 1974. Systems theory. The key to holism and reductionism. *BioScience* 24:569-579.
- Bentley, J.R. 1967. Conversion of chaparral areas to grassland. USDA Agric. Handbook 328.
- Claverán A., R. y M.H. González. 1969. Manejo del pastoreo en los agostaderos de las zonas áridas. En: T.W. Box y P. Rojas-Mendoza (eds). Simposio internacional sobre el aumento de la producción de alimentos en zonas áridas. ICA SALS Publ. No. 3. Texas Tech, Lubbock, Texas.
- Clements, F.E. 1928. Plant succession and indicators. New York, H.W. Wilson. Hafner, 1963. New York.
- Distefano, J.J., A.R. Stebberud e I.J. Williams. 1967. Feedback and control systems. Schaum Publishing Co. N.Y.
- Gastó C., J. y J. Gastó C. 1970. Uso de la tierra. El campesino Abril: 34-50. Santiago, Chile.
- Gastó C., J.M. 1975. Ecología silvoagropecuaria (Inédito).
- Gastó C., J., R. Armijo T. y R. Nava C. 1976. El ecosistema silvoagropecuario entificación y atributos. Univ. Autón. Agr. Antonio Narro. Monog. Técnico-Científica 2:180-249.
- Gates, D.H. 1964. Sagebrush infested by leaf defoliating moth. *J. Range Management* 17(4):209-210.
- González E., M. 1975. Distribución espacial de la vegetación y su interpretación sucesional en el noreste del Estado de Zacatecas. Esc. Nac. Agr. Dpto. Zootecnia Chapingo. Tesis Ing. Agr. 263 p.
- Herbel, C.H., G.H. Abernathy., C.C. Yarbrough y D.K. Gardner. 1973. Rootplowing and seeding arid rangelands in the southwest. *Range*. 26(3):193-197.
- Humphrey, R.R. 1958. The desert grassland. A history of vegetational change and an analysis of causes. *Bot. Rev.* 24: 193-252.

- Kershaw, K.A. 1973. Cuantitativa and dynamic plant ecology (2a. Ed). En: González E., M. Distribución espacial de la vegetación y su interpretación sucesional en el noreste del estado de Zacatecas. Esc. Nac. Agric. Dpto. Zootecnia. Chapingo. Tesis Ing. Agr. 263 p.
- Korfhage, R.R. 1967. Logic and alogaritms, with applications to the computer and information science. John Wiley & Sons. N.Y.
- Ledley, R.S. y L.B. Lusted. 1959. Reasoning foundations of medical diagnosis. Science 130:9-21.
- Mangenot, G. 1963. The effect of man on the plant world. In: Man's place in the island ecosystem. Tenth Pacific Science Congress, Hawaii. 1961. Bishop Museum Press.
- Margalef, R. 1961a. Communication of structure in planktonic populations. En: Margalef, R. perspective en Ecological theory. Univ. Chicago Press, Chicago 112 p.
- Margalef, R. 1968. Perspectives in ecological theory. Univ. Chicago Press, Chicago 112 p.
- Margalef, R. 1969. Diversity and stability: A practical proposal and a model of interdependence. Brookhaven Bump. Biol. No. 22:25-37.
- Margalef, R. 1974. Ecología. Omega, Barcelona. 976 p.
- Marroquín, J.S., G. Borja L., R. Velázquez C. y J.A. de la Cruz C. 1964. Estudio ecológico dasonómico de las zonas áridas del norte de México. Publicación especial No. 2 INIF-SAG. México, D.F. 166 p.
- Maynez del R., F., R. Armijo T. y J. Gastó C. 1975. Clínica ecosistémica silvoagropecuaria. Fundamentos y metodología. Univ. Autónoma Agr. Antonio Narro. Monog. Técnico-Científica. Vol. 1 No. 2. Saltillo, Coahuila. México.
- Mellinger, M.V. y S.J. McNaughton. 1975. Structure and function of successional vascular plant communities in central new york. En: González E., M. Distribución espacial de la vegetación y su interpretación sucesional en el noreste del estado de Zacatecas. Esc. Nac. Agric. Dpto. Zootecnia. Chapingo. Tesis Ing. Agrónomo. 263 p.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Mex. 28:29-179.

- Miranda, F. y E. Hernández X. 1964. Fisiografía y vegetación. En: E. Beltrán (ed.). Las zonas áridas del centro y noreste de México. Inst. Mex. Rec. Nat. Renov., México, D.F. 1-23 p.
- Odum, H.T. y R. Pinkerton C. 1955. Times speed regulator, the optimum efficiency for maximum out put in physical and biological systems. Amer. Sci. 43:331-343.
- Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. Science, 164:262-270.
- Odum, E.P. 1972. Ecosystem theory in relation to man. In: Wiens, J.A. (ed.). Ecosystem structure and function. Oregon State University Press: 11-24.
- Orians, G. 1973. Curso intensivo de ecología avanzada. Córdoba. Rep. Argentina.
- Pechanec, J.F., A.P. Plummer., J.H. Robertson y A.C. Hull, Jr. 1965. Sagebrush control on rangelands. USDA Agric. Handbook 277.
- Plummer, A.P., D.R. Christensen y S.B. Monsen. 1968. Restoring big-game range in Utah. Utah Div. of Fish & Game Pub. 68-3.
- Rechenthin, C.A., H.M. Bell., R.J. Pederson, y D.B. Polk. 1964. Grassland restoration II. Brush control. USDA, Soil Cons. Serv., Temple, Texas.
- Rzedowski, J. 1968. Las principales zonas áridas de México y su vegetación. Bios 1: 4-24.
- Rzedowski, J. 1975. An ecological and phytogeographical analysis of the grasslands of México. Taxon 24(1):67-80.
- Shimwell, D.W. 1971. The description and classification of vegetation. En: González E., M. Distribución espacial de la vegetación y su interpretación sucesional en el noreste del estado de Zacatecas. Esc. Nac. Agric. Dpto. Zootecnia. Chapingo. Tesis Ing. Agr. 263 p.
- Shreve, F. 1939. Observation on the vegetation of North America. En: González E., M. Distribución espacial de la vegetación y su interpretación sucesional en el noreste del estado de Zacatecas. Esc. Nac. Agric. Dpto. Zootecnia. Chapingo. Tesis Ing. Agr. 263 p.
- Terradas, J. 1971. Ecología, hoy El hombre y su medio. (2a. Ed.) Editorial Reide. Barcelona. 149 p.

- Thomson, J.M. 1970. The ecological backlash. Nature versus man. Univ. Queensland Press. Queensland Australia.
- Vallentine, J.F. 1971. Range development and improvements. Brigham Young University press. Provo, Utah. 516 p.
- Wells, P.V. 1966. Late pleistocene vegetation and degree of pluvial climatic change in the Chihuahuensen Desert Science 153:970-975.
- Whittaker, R.H. 1953. A consideration of climax theory. The climax as a population and pattern. In: Whittaker, R.H. 1975. Communities and ecosystems. Macmillan publishing Co. New York. 385 p.
- Woodwell, G.M., y H.H. Smith. 1969. Diversity and stability in ecological systems. En: Odum, E.P. Ecología. Tercera Edición 640 p.
- Zohary, D. 1971. Comunicación personal al Dr. J.M. Gastó

APENDICE

NOMBRE CIENTIFICO DE LAS ESPECIES QUE
SE MENCIONAN EN EL TEXTO

Especie	Símbolo alfanumérico
1. <u>Acacia farnesiana</u>	ACFA
2. <u>Agave lecheguilla</u> Torr.	AGLE
3. <u>Atriplex canescens</u> (Pursh.) Nutt.	ATCA
4. <u>Bouteloua karwinskii</u> (Fourn.) Griff	BOKA
5. <u>Citharexylum</u> sp. (Gray)	CITHA
6. <u>Dalea</u> sp.	DALEA
7. <u>Dasyilirion berlandieri</u>	DABE
8. <u>Echinocereus</u> sp.	ECHIN
9. <u>Flourensia cernua</u> D.C.	FLCE
10. <u>Heliantus</u> sp.	HELIA
11. <u>Koeberlinia spinosa</u> Zucc.	KOSP
12. <u>Larrea tridentata</u> (D.C.) Coville	LATR
13. <u>Leucophyllum</u> sp.	LEUCO
14. <u>Lycium</u> sp.	LYCIU
15. <u>Mimosa</u> sp.	MIMOS
16. <u>Muhlenbergia porteri</u> Scribn.	MUPO
17. <u>Muhlenbergia villosa</u> Swall.	MUVI
18. <u>Opuntia leptocaulis</u>	OPLE
19. <u>Parthenium argentatum</u> Gray	PAAR
20. <u>Parthenium incanum</u> H.B.K.	PAIN
21. <u>Prosopis glandulosa</u> Torr.	PRGL
22. <u>Senecio</u> sp.	SENEC
23. <u>Yucca carnerosana</u>	YUCA

PROGRAMA CODIFICADO PARA EL CALCULO DEL TIEMPO REQUERIDO PARA UNA POBLACION ARBITRARIA OCUPAR EL 90 % DE LA CAPACIDAD SUSTENTADORA TOTAL.

El programa general para el cálculo del tiempo requerido por una especie para ocupar el 90 % de la capacidad sustentadora del ecosistema, dadas: su tasa de cambio, su población inicial N_0 y las capacidades sustentadoras consideradas; está dado por la siguiente formula:

$$t (N_0) = \frac{1}{\gamma} \quad \text{Ln} \quad \left(9 \left(\frac{K-N_0}{N_0} \right) \right), \text{ donde}$$

$$\gamma = \text{Ln} \left(\frac{C_0 (r + 1)}{C_0 - r} \right); \text{ y}$$

$$C_0 = \frac{K - N_0}{N_0}$$

γ : es la tasa de cambio.

C_0 : es la proporción de la capacidad sustentadora, factible de ser ocupada por cada individuo de la población inicial.

