

77
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EL MANEJO DEL FUEGO EN EL SISTEMA DE ROZA,
TUMBA Y QUEMA EN LA SELVA BAJA
CADUCIFOLIA DE CHAMELA, JALISCO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

LICENCIATURA EN BIOLOGIA

P R E S E N T A :

PEDRO CESAR GONZALEZ FLORES

DIRECTOR DE TESIS ;
DR. VICTOR JARAMILLO LUQUE



MEXICO, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

EL MANEJO DEL FUEGO EN EL SISTEMA DE ROZA, TUMBA Y QUEMA
EN LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA DE CHAMELA, JALISCO.

	INDICE	No. de Pag.
I.	INTRODUCCION	1
I.1.	Objetivos	5
II.	ANTECEDENTES	6
II.1.	El empleo del fuego	6
II.2.	El sistema de roza, tumba y quema	7
II.3.	El fuego como factor ecológico	10
II.3.1.	Efectos sobre la vegetación	10
II.3.2.	Efectos sobre el suelo	15
II.3.2.1.	Propiedades físicas	18
II.3.2.2.	Propiedades químicas	20
	A.Materia orgánica	21
	B.Nitrógeno total	21
	C. pH del suelo	21
	D.Nutrientes	21
II.3.2.3.	Microflora	24
II.3.2.4.	Fauna del suelo	25
II.4.	Fuego y ciclo hidrológico	26
II.5.	Fuego y erosión	26
II.6.	Fuego y atmósfera	27
II.7.	El fuego y la Agricultura	29
II.8.	El fuego y la Conservación	32
III.	DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	34
IV.	METODOS	40
IV.1	Descripción de los sitios de trabajo	40
IV.2	Caracterización de combustibles	40
IV.3	Descripción del Manejo del Fuego	44

EL MANEJO DEL FUEGO EN EL SISTEMA DE ROZA, TUMBA Y QUEMA
EN LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA DE CHAMELA, JALISCO.

INDICE		No. de Pag.
V. RESULTADOS		47
V.1	Descripción del trabajo de roza y tumba de la vegetación	47
V.2	Preparación de la quema	51
V.3	Descripción del proceso de quema	53
V.4	Evaluación del material combustible	58
V.4.1.	Continuidad de la cobertura combustible	58
V.4.2.	Porcentaje de cobertura	60
V.4.3.	Abundancia por categoría de combustible.	60
V.5.	Biomasa de combustibles	63
V.5.1.	Densidad de la madera	63
V.5.2.	Estimación de la biomasa	63
V.6.	Consumo del material combustible y depositación de cenizas	66
VI. DISCUSION		68
VI.1.	Descripción del trabajo de roza y tumba de la vegetación	69
VI.2.	Descripción del proceso de quema	70
VI.3.	Evaluación del material combustible	72
VI.4.	Importancia del período de tumba respecto de la intensidad del fuego y la eficiencia de quema	75
VI.5.	Consecuencias de la quema sobre la fertilidad del suelo	80
VII. PROPUESTAS Y CONCLUSIONES		84
VII.1	Propuestas	84
VII.2	Conclusiones	86
	APENDICE	87
	BIBLIOGRAFIA	90

EL MANEJO DEL FUEGO EN EL SISTEMA DE ROZA, TUMBA Y QUEMA EN LA SELVA BAJA CADUCIFOLIA DE CHAMELA, JALISCO.

Resumen

El empleo del fuego como herramienta de manejo, es uno de los aspectos de la agricultura tradicional que modifica más significativamente al ecosistema. El objetivo de este estudio fue caracterizar el manejo del fuego con fines de desmonte agrícola, en la región de Chamela, Jalisco, mediante la descripción del proceso de quema y la estimación de la biomasa del material combustible producto del derribo de la vegetación.

Chamela, Jalisco, está localizado en la costa central del Pacífico mexicano (19°30'N, 105°03'W). La vegetación corresponde al tipo selva baja caducifolia de la clasificación de Miranda & Hernández (1963). El clima es estacionalmente seco y cálido, con temperatura media anual de 24.9°C; la precipitación media anual es de 714 mm (d.s.= 154), con un rango de 453-937 mm (datos de 1977 a 1990), de la cual, más del 80 % cae de julio a octubre.

El uso del suelo en la región está dividido en: a) cultivos de subsistencia y pastizales establecidos en las laderas desmontadas, y b) agricultura de riego en áreas planas.

El trabajo de roza, tumba y quema para el desmonte de laderas, corresponde al siguiente calendario: 1.- La vegetación herbácea y subarborescente de las parcelas, con áreas de entre 1 y 5 hectáreas, es rozada con machete, en noviembre. 2.- Se tumban los árboles con motosierra, en febrero. 3.- La quema ocurre en mayo.

El estudio se realizó en cuatro parcelas de selva perturbada por primera vez: dos en el ejido San Mateo y dos en el ejido Juan Gil Preciado. En el primer ejido la tumba de la vegetación arbórea se efectuó desde noviembre y en el segundo en febrero.

Para caracterizar el manejo del fuego, se participó con los campesinos en varias quemas en los meses de abril y mayo. Se describió el proceso de quema destacando los aspectos que determinan la eficiencia del trabajo y la intensidad del fuego tales como: el método de ignición, condiciones del sitio y el ambiente que tienen influencia sobre el comportamiento del fuego, y las técnicas de quema. Como indicadores de la intensidad del fuego se emplearon la longitud de llama, que varió de 1 a 5 m y la velocidad de propagación, que fue de entre 0.5 a 5 m min⁻¹.

Por medio del método de intersecciones planares (Brown 1974) se muestreó el material combustible, producto de la roza y tumba en las parcelas, antes y después de la quema. De tal forma, se cuantificó la carga de biomasa combustible y el factor de consumo asociado. El valor de biomasa de derribo, para el material combustible leñoso, antes de la quema, fue de 130.46 t ha⁻¹ en las parcelas del ejido San Mateo y de 136.66 t ha⁻¹ en el ejido Juan Gil. Después de la quema se cuantificaron 56.48 t ha⁻¹ para San Mateo y 42.17 t ha⁻¹ para Juan Gil, con factores de consumo promedio de un 61 % y un 60 % respectivamente.

A diferencia de otros sistemas, en el de Chamela el patrón de tumba, que se efectúa ya avanzada la sequía, puede tener consecuencias que afectarían el comportamiento del fuego: las hojas sufren abscisión antes de la tumba y la madera tiene distintos tiempos de secado antes de la quema. El manejo del fuego participa en la transformación agrícola del ecosistema afectando la dinámica de los nutrientes del suelo a corto y mediano plazo, y acelerando la erosión.

I. INTRODUCCION

I. INTRODUCCION

"A lo largo de la historia de la agricultura, los campesinos han empleado su experiencia práctica para establecerse en suelos naturalmente productivos y ambientes que favorezcan el crecimiento de los cultivos. Hoy en día, la mayor parte de las tierras agrícolas no ocupadas del planeta se encuentran en los trópicos húmedos y subhúmedos, regiones donde la población humana se incrementa a una tasa cercana al 3% anual. Es inevitable que extensiones de gran escala sean ocupadas para cultivarlas durante las dos próximas décadas. A menos que se usen tecnologías apropiadas, muchos de los esquemas de manejo producirán cultivos de rendimiento inaceptablemente bajo y degradación considerable de las tierras" (Pendleton en Lal 1987).

El tipo forestal dominante en la superficie tropical y subtropical de la tierra es el representado por los bosques tropicales secos (*sensu* Holdridge *et al.* 1971), que comprende el 42% de los ecosistemas forestales en esas regiones (contra un 25% de las selvas húmedas). Ningún otro tipo de bosque tropical ha sido más persistente y extensamente perturbado (Janzen 1988; Murphy & Lugo 1986; Kauffman *et al.* 1991).

En opinión de Lal (1987), dados un manejo apropiado y los insumos necesarios, los suelos y el ambiente de los trópicos pueden producir cosechas ricas y sostenidas de diversos cultivos. Sin embargo, para que el desarrollo, utilización y restauración de los niveles de fertilidad de los recursos del suelo sea adecuado, es importante entender la interacción de suelo, clima y

vegetación y los efectos de la intervención humana sobre los procesos que sustentan la vida, en los diversos ecosistemas.

Aún cuando en el trópico húmedo llueva abundante y constantemente, las propiedades del suelo a menudo no son las adecuadas para una agricultura permanente. La única agricultura que puede practicarse con algún éxito es el sistema semi-nómada conocido como roza, tumba y quema, en el cual se desmonta y quema la vegetación para sembrar maíz por una o pocas temporadas sucesivas y se abandona por varios años, al cabo de los cuales se repite el proceso (Rzedowsky 1978).

Los sistemas agrícolas tradicionales son estables y ecológicamente "limpios", bajo ciertas condiciones específicas. Cuando estas condiciones son alteradas, el sistema se desestabiliza. El éxito de la agricultura de altos insumos en las regiones templadas de Europa occidental y Norteamérica ha guiado a la implementación extensiva de esquemas de desarrollo agrícola en los trópicos, sin atender seriamente al análisis de los procesos bioedafológicos que dan estabilidad a los sistemas de manejo tradicionales como la roza, tumba y quema (Lal 1987).

Rzedowski (1978), puntualiza que los incendios naturales no se propagan fácilmente en el bosque tropical, sin embargo, el fuego se usa en forma rutinaria dentro del sistema de roza, tumba y quema como instrumento auxiliar en desmontes y para impedir que las plantas leñosas invadan los pastizales. Como consecuencia de este manejo "itinerante", una población humana, relativamente pequeña, afecta enormes extensiones de terreno, transformando al

bosque no perturbado en un mosaico de comunidades secundarias (acahuales), mezcladas con porciones de vegetación primaria.

Gómez-Pompa (1985), opina que el sistema roza, tumba y quema ha sido practicado por siglos en los trópicos del mundo y ha probado estar bien adaptado a la dinámica natural de los ecosistemas tropicales. También reconoce que el problema fundamental que reviste tal método radica en que requiere de amplias extensiones de terreno para su práctica.

En México, al igual que en la mayoría de los países "en vías de desarrollo", la demanda de tierras con fines agrícolas se incrementa constantemente. Dado que las mejores áreas de cultivo son escasas, las zonas marginales que se ubican en terrenos de ladera, son explotadas por los agricultores (Maass et al. 1988). Tal es el caso de la costa del Pacífico en México, donde las selvas bajas se hallan sujetas al sistema agrícola de roza, tumba y quema, que implica una drástica transformación del ecosistema.

Con respecto a la selva baja caducifolia, la ocurrencia de incendios naturales es prácticamente nula. Las características del ecosistema en cuanto al alto contenido de humedad en el material vegetal, la discontinuidad en la distribución de combustibles después de la roza y tumba, así como la rápida respuesta de las plantas a los eventos de lluvia, producen que los fuegos naturales no tengan relevancia ecológica. En contraste, la perturbación debida a los fuegos provocados por los sistemas de manejo agrícola de roza, tumba y quema pueda tener consecuencias que aún no han sido suficientemente estudiadas.

El ciclaje de nutrientes, la descomposición de la biomasa de raíces y la formación de materia orgánica en el suelo, son algunos de los aspectos de la dinámica de la selva baja decidua, que están siendo estudiados actualmente en el contexto del manejo de los recursos de este ecosistema, como lo atestigua el proyecto de investigación a largo plazo que desarrolla el Centro de Ecología de la UNAM en la región de Chamela, Jalisco y que ha obtenido datos a nivel ecosistema que incluyen biomasa de la vegetación aérea y subterránea, caída de hojarasca, tasas de descomposición del mantillo, producción de raíces, erosión y análisis de nutrientes en suelo, aguas y vegetación (Maass et al. 1988; García-Oliva 1992). Así como los trabajos sobre ecología del fuego realizados en Brasil por Kauffman et al. (1991) sobre la dinámica de biomasa y nutrientes asociada a quemas de desmonte en bosques tropicales. Estos autores encontraron que la biomasa epigea total de parcelas de bosque tropical seco secundario era de 86 Mg ha^{-1} , de la cual entre un 88% y 95% fue consumida por quemas experimentales cuya intensidad varió en relación al contenido de humedad del material combustible leñoso.

I.1. Objetivos

El objetivo global del estudio fue caracterizar el empleo del fuego con fines de desmonte agrícola en dos ejidos de la región de Chamela en la costa de Jalisco, México.

Los objetivos particulares fueron los siguientes:

i) Describir el manejo del fuego, incluyendo las prácticas pre y postquema, los criterios utilizados por el agricultor y las condiciones ambientales en el momento de la quema.

ii) Estimar la biomasa combustible, su distribución y su porcentaje de consumo.

iii) Evaluar la importancia del periodo de tumba en el consumo del material combustible.

Con respecto a este último punto se hipotetizó que el consumo de combustible, sería mayor en las parcelas tumbadas en noviembre que en las tumbadas en febrero dado que el menor tiempo de secado favorecería la combustión.

II. ANTRAGENDES

II. ANTECEDENTES

II.1. El empleo del Fuego.

Los homínidos de Laetoli y del Triángulo de Afar habrían conocido el fuego. De acuerdo con las evidencias fósiles, los pastizales periódicamente secos del ambiente donde vivieron, se parecían a la sabana africana de hoy, donde son comunes los incendios de los matorrales causados por rayos al mismo tiempo que se presentaba una violenta actividad volcánica. El fuego fue, tal vez, obtenido primero de fuentes como éstas (Curtis 1986).

Las primeras evidencias del uso del fuego corresponden a un sitio del Valle del Rift en Kenia y datan 1.4 millones de años. En las cercanías se encontraron fósiles de Australopithecinos robustos tardíos y fósiles de Homo erectus (Curtis 1986).

Se han encontrado evidencias de que los homínidos utilizaban el fuego desde hace unos 500,000 años (Howell 1979 en Rodríguez 1988). Uno de los sitios más antiguos son las cavernas Choukoutien, cerca de Beijing, China, que eran habitadas por H. erectus (hombre de Beijing) hace 350,000 años. El uso del fuego por el hombre primitivo se remonta a cerca de 55,000 años en Africa. Lacey et al. (1982), reportan que los aborígenes australianos han empleado el fuego desde hace 40,000 años.

La posesión del fuego habría modificado mucho la vida de los primeros homínidos, diversificando su dieta, dando las condiciones para que ocuparan cavernas como vivienda y mejorando su vida social al proveer un centro para las actividades cotidianas y un motivo para llevar la caza y otros alimentos al

hogar (Curtis 1986). El fuego constituyó una de las herramientas que permitieron a la especie humana adaptarse a los violentos cambios climáticos que ocurrieron a lo largo de su historia evolutiva primitiva. El uso del fuego en el manejo agrícola puede encontrarse desde los inicios de ésta actividad humana y ha constituido un aspecto relevante en la modificación del ambiente por nuestra especie, con el fin de aprovechar los recursos.

Los efectos de quemas inducidas en la zona del Cerrado en Brasil tienen mínimo 10,000 años de antigüedad (Coutinho 1979).

En Belice y otros sitios mayas en América Central, la presencia de grandes cantidades de fragmentos carbonizados de plantas en núcleos lacustres desde 95 cm y hasta 280 cm de profundidad, indican que el fuego era comúnmente utilizado por aquellas civilizaciones en los años 300 a.C. (Lambert 1978).

II.2. El Sistema de roza, tumba y quema.

El fuego ha tenido un papel preponderante en el desarrollo de la mayoría de las culturas del mundo. Rzedowsky (1978) menciona que es muy probable que el sistema roza, tumba y quema date de la época de los imperios mayas, que dominaron el sureste de México entre los siglos IV y XV a.C.

La aplicación del fuego ha sido una práctica usual entre los nativos mayas de la Península de Yucatán que ha trascendido hasta nuestros días en una forma casi original (Reyes 1980).

Conforme lo describe Reyes (1980), en Quintana Roo, México, el sistema consiste fundamentalmente en seleccionar un área apropiada por su topografía, suelo y vegetación para la siembra

del maíz. En enero se corta el arbolado alto y bajo y la vegetación desmontada se deja secar durante marzo y abril. Se ejerce la quema a fines del mes de mayo, iniciándose la siembra durante las primeras lluvias.

Desde el punto de vista agrícola se le considera como un sistema técnicamente aceptable, pues comprende tanto las observaciones de la vegetación predominante del lugar, como la cuidadosa selección topográfica del terreno y la clasificación del suelo por sus características tangibles (Reyes 1980).

Este sistema ha sido discutido ampliamente por Hernández (1959), quien contempla los siguientes resultados del uso de las quemas:

1. La quema es el método común más rápido y fácil para despojar al terreno de los productos del desmonte.
2. El calor del fuego afloja el suelo como resultado de la formación de vapor abajo de la superficie disgregando los terrones, lo que facilita el laboreo de la tierra.
3. El fuego destruye huevecillos, larvas y adultos de insectos y evita la formación de nidos de plagas en el terreno.
4. Exfoliación de las rocas calizas y
5. Mayor porosidad de la roca caliza debido a su exposición al fuego.

Entre las desventajas que aporta el sistema en relación al suelo menciona las siguientes:

1. La pérdida de Nitrógeno y materia orgánica del suelo, debido a la combustión de la vegetación desmontada y,

2. La pérdida de elementos minerales del suelo en laderas, debido a la lixiviación durante las lluvias.

Sin embargo, Reyes (1980) anota que existen varios factores que afectan el rendimiento del cultivo, como son la fertilidad propia del suelo, la temporada de lluvias y la efectividad misma del fuego sobre el producto del desmonte.

La efectividad de la quema la califica el individuo que la efectúa: si la quema consumió totalmente el producto del desmonte, se dice que fue efectiva en un 100%; si se quemó parcialmente, se califica del 25% al 50% relacionándola con la cantidad de tocones no destruidos por el fuego y que dificultan el laboreo agrícola (Reyes 1980).

El estudio de la relación quema-rendimiento agrícola ha sido un tema que se ha investigado con cierta profundidad dado el interés socioeconómico que representa el cultivo del maíz, por ejemplo, el trabajo de Perry *et al.* (1958 citado en Reyes 1980).

Se han estudiado los efectos del fuego sobre la vegetación, la fauna silvestre, los micro-organismos del suelo, el suelo mismo, el agua y el aire. Actualmente se considera al fuego como integrante de la mayoría de los ecosistemas forestales del mundo (Rodríguez 1988).

Los efectos del fuego en los ecosistemas terrestres han sido extensamente reportados conforme lo indica Lal (1987), quien realizó una revisión del tema. Los resultados varían dependiendo del clima, suelo, vegetación, duración y frecuencia de la quema, así como de si el fuego es natural o inducido.

En la selva baja caducifolia en particular, se ha practicado el sistema agrícola de roza, tumba y quema, con la variante de retirar algo de la biomasa que se derriba antes de proceder a la quema. Esto reduce la intensidad del fuego y el aporte de cenizas, significando una posible pérdida importante de nutrientes. Sin embargo, la alta proporción de biomasa viva en las raíces del bosque tropical seco, sugiere la existencia de reservas de C, P y N que se mantienen en el subsuelo aún después de los eventos de roza, tumba y quema (Kauffman et al. 1991).

II.3. El Fuego como factor ecológico.

Odum (1980), opina que el fuego es un factor ecológico principal, puesto que las comunidades bióticas se adaptan a él, exactamente como lo hacen con factores tales como la temperatura o el régimen hídrico. En este contexto, a continuación se resumen conocimientos establecidos sobre el papel del fuego en algunos aspectos de la dinámica y funcionamiento de los ecosistemas.

II.3.1. Efectos sobre la vegetación.

Christensen (1985) encontró que en la mayor parte de los ecosistemas de tipo matorral, el fuego tiene un papel significativo en el mantenimiento de la estructura y funcionamiento de la comunidad, y que ha constituido una importante fuerza selectiva en la evolución de las formas e historias de vida de las plantas.

Los incendios son fenómenos que forman parches y contribuyen significativamente a la heterogeneidad temporal y espacial, entre y dentro de los matorrales. Además, la existencia de matorrales

en una variedad de ambientes tan grande ha proveído una oportunidad para comparar los efectos de y las respuestas a, una variedad de regímenes de fuego dentro del contexto de un solo tipo fisonómico (Christensen 1985).

Las altas temperaturas desarrolladas por un incendio dependen de la cantidad de material inflamable, el grado de humedad del material combustible, la velocidad del viento, etc. Las quemaduras en los principios de la temporada de secas son generalmente ligeras, pues el contenido de humedad de la materia vegetal es aún alta. La severidad del fuego se incrementa al quemar cuando la sequía está avanzada, pues la vegetación seca permite que se produzcan muy altas temperaturas.

Muchas diferencias de los efectos y las respuestas al fuego resultan de una variación en los propios regímenes de fuego. El régimen está determinado por el tipo e intensidad del fuego, la frecuencia, la predictibilidad del evento, y la estación en que ocurre. El concepto de intensidad del fuego se refiere a la energía liberada durante la quema, que puede o no tener relación con la intensidad de la perturbación. Byram (1959), sugirió que la intensidad del fuego es una consecuencia de la velocidad de propagación del fuego, la masa de combustible y el contenido de energía asociados. Podría expresarse mejor como energía liberada por unidad de longitud del frente del fuego por unidad de tiempo.

Rodríguez (1988), citando a Vickery (1987), menciona que las semillas de las especies de Acacia en las sabanas africanas, necesitan del estímulo del fuego para poder germinar. El

incremento en la utilización del fuego en las zonas boscosas de Venezuela han llevado a investigadores como Galán *et al.* (1984), a considerar que la sabana que se encontraba en algunas zonas en forma natural, actualmente va ganando terreno al bosque húmedo por procesos de desertificación, principalmente con la influencia de los incendios. Se estima que al cabo de 100-200 años, de no ser controlado el fuego, la "Gran Sabana" podría ser reemplazada por el "Gran Desierto". Estos autores concluyen que los procesos de sabanización y desertificación obedecen principalmente a causas antrópicas.

Rzedowski (1978), apunta que el fuego se emplea muy poco en las zonas secas pues el incendio no se propaga fácilmente en los matorrales abiertos y menos aún cuando en su composición entran las plantas suculentas, usando como ejemplo los matorrales xerófilos de *Quercus* en Hidalgo y Chiapas. En estas regiones frecuentemente las especies dominantes se reproducen vegetativamente por sus partes subterráneas formando clones que a veces abarcan varios metros de diámetro. Tal propiedad les confiere resistencia al fuego y a la larga parecen favorecer su existencia en muchos sitios (Rzedowsky 1978).

Un ecosistema dependiente del fuego frecuentemente contiene organismos cuya supervivencia y continuidad está determinada por el fuego, el cual se convierte en un componente esencial del ambiente. Las plantas presentan adaptaciones evolutivas relacionadas con el fuego. Lal (1987) considera tres clases de adaptaciones según se presentan como: estructuras, mecanismos o

funciones. Menciona como ejemplos, las adaptaciones a cambios en el pH y contenido de minerales del sustrato para el establecimiento del renuevo, la producción de compuestos alelopáticos, las condiciones de suelo semiesterilizado por calentamiento, y algunas relaciones suelo-agua alteradas. El cambio en la vegetación que es considerada "clímax" en un momento dado, es un ejemplo del efecto a largo plazo del fuego sobre un ecosistema (situación que ciertamente cuestiona la propiedad del concepto clímax).

El daño que produce el fuego a las plantas varía conforme a las características propias de la forma de vida de las mismas y de las condiciones del incendio. Los incendios superficiales consumen plantas herbáceas y leñosas de bajo porte, y dañan las raíces y bases de los troncos de los árboles. Durante estos incendios el aire caliente que asciende puede matar el follaje de los árboles. Los incendios de copa arrasan totalmente con la vegetación (Rodríguez 1988).

Barney et al. (1984) distinguen tres tipos de efectos de los incendios sobre la vegetación en su conjunto, que dependen de la intensidad del fuego, la extensión y la exposición, así como de las características de la vegetación. Basta exponer a las células de las plantas a una temperatura de 50°C durante una hora para matarlas por desecación. Igualmente son suficientes 55°C durante 10 minutos ó 60°C durante 30 segundos. Evidentemente, las temperaturas producidas en los incendios son unas 10 ó 15 veces superiores (ICONA 1981).

Spurr & Barnes (1980), comentan que los incendios superficiales afectan más a los árboles jóvenes que a los viejos y que la supervivencia posterior a un incendio superficial, en la mayor parte de las especies resistentes al fuego, no está determinada tanto por el daño que se produce al cambium del tronco, sino por la susceptibilidad que tengan sus raíces de ser dañadas. De tal suerte, las especies con raíz superficial, más que profunda, son las más susceptibles.

Barney et al. (1984), mencionan que la muerte o daño en los árboles quemados puede deberse al repentino calentamiento, a la desecación o al daño mecánico producido al tronco (principalmente al cambium y al floema), al follaje, a las yemas, y frutos inmaduros y a las partes subterráneas, tales como raíces, yemas y meristemas basales. Refieren como daños indirectos producidos por el fuego, en primer lugar, que el estrés fisiológico y los cambios químicos provocados por las llamas pueden hacer a los árboles más susceptibles al ataque de plagas. Y como segundo tipo de daño indirecto, el caso en el que el crecimiento en altura y diámetro se reduce proporcionalmente a la pérdida de follaje.

Coutinho (1982) y Lacey et al. (1982) han descrito los siguientes mecanismos de supervivencia de las plantas al fuego:

- a) Desarrollo de cortezas gruesas alrededor de tronco y ramas.
- b) Capacidad de rebrote desde órganos subterráneos.
- c) Protección de yemas apicales por catáfilos densamente cubiertos de pelo o escudos imbricados.
- d) Presencia de yemas latentes bajo tierra.
- e) Sistemas subterráneos muy extensos penetrando profundamente en el subsuelo.
- f) Dosel elevado y copas separadas.
- g) Desarrollo de rizomas y chupones radiculares.

El fuego afecta a la comunidad vegetal también a través de su efecto sobre la productividad primaria. Los nutrientes aportados en las cenizas tienen consecuencias drásticas en la biomasa total, como fue observado por Cavalcanti (1978), para el Cerrado en Brasil. El momento en que se deposita la ceniza en relación con la distribución de lluvias, tiene igualmente importantes efectos en la biomasa producida (Lal 1987). Estos efectos se contemplan en la siguiente sección.

II.3.2. Efectos sobre el suelo

Barney et al. (1984), explican que el efecto del fuego sobre el suelo depende de las propiedades del mismo, la intensidad y duración del incendio, la topografía y el clima. Señalan también tres niveles de efectos sobre el suelo:

- a) **Bajo:** La capa de materia orgánica se quema superficialmente.
- b) **Moderado:** La capa de materia orgánica se quema pero la estructura del suelo no se altera visiblemente.
- c) **Alto:** La materia orgánica se reduce a cenizas. El color y la estructura del suelo mineral se alteran visiblemente.

Prichett (1986), menciona que los efectos de una quema prescrita son menores que los de un incendio y señala como efectos del fuego sobre las propiedades del suelo, los que se refieren a la temperatura del suelo, a sus propiedades físicas (en particular la permeabilidad), a sus propiedades químicas, a la microflora y la fauna del suelo. Cada uno de estos puntos se enumera a continuación.

La elevación de la temperatura del suelo y sus consecuencias se consideran como efectos inmediatos del fuego (Tabla 1).

Intensidad	Tipo de incendio	Temperatura Sup. suelo (°C)	Máxima prof. Temp. Letal (cm)
Baja-moderada	Superficial	250	2.5
Elevada	Arbustos y copas	700	5.0
Muy elevada	Acumulación de combustibles	>700	25.0

Tabla 1. Temperaturas superficiales que alcanza el suelo sometido a incendios de diferente intensidad, así como la profundidad a la cual se localizan. Según Barney et al. (1984).

El perfil de temperatura del suelo es distinto para diferentes tipos de vegetación. El pastizal por ejemplo, permite una quema rápida y completa conforme avanza el frente del fuego. Las temperaturas generadas se elevan rápidamente y luego caen en forma gradual en unos cuantos minutos y sus efectos están usualmente limitados a los 3 cm ó 4 cm inmediatos, bajo la superficie del suelo (Raison 1979 en Lal 1987).

La intensidad y duración del calentamiento aumenta al incrementarse la densidad de árboles. El fuego en los bosques y selvas crea temperaturas del suelo más altas, a mayores profundidades y de duración prolongada (Lal 1987). La variación de la temperatura a diferentes profundidades depende de la conductividad térmica del suelo y de la intensidad del incendio.

Inmediatamente después del fuego, la cobertura vegetal de bajo crecimiento ha desaparecido y el suelo queda cubierto por cenizas grises y negras. Bajo estas circunstancias, la temperatura superficial del suelo es mayor que en una parcela no quemada, y permanece así mientras no se presenta nuevo crecimiento vegetal (Andriessse & Koopmans 1984).

Los cambios en la temperatura del suelo y el incremento en los niveles de radiación que alcanza su superficie, influyen al microclima a ese nivel. La temperatura del aire es mayor y la humedad generalmente disminuye, para la zona quemada con respecto a la no quemada (Lal 1987).

El color negro de la ceniza facilita la absorción del calor. Viro (1974 en Prichett 1986) reporta temperaturas promedio en verano de 31.3°C sobre capas de *humus* quemadas y de 18°C sobre las no quemadas, mucho después del incendio. Moureaux (1959 en Lal 1987), reportó las temperaturas del suelo de pastizales quemados y no quemados en Madagascar. Sus datos muestran que a las 11:00 a.m. la superficie del suelo desnudo en la sabana quemada fue de 56°C en comparación con 40°C en el caso de la sabana no quemada. El incremento de temperatura del suelo a profundidades de 2.5 y 5 cm fue de 5°C y 3°C respectivamente.

El intervalo de temperaturas de 150°C a 250°C significa la combustión de la mayor parte de los materiales orgánicos presentes en el suelo. Los cambios asociados en varias características de los suelos son causados por la desaparición de la materia orgánica, la liberación de cationes y la pérdida de material volátil. Las máximas temperaturas se observan a nivel superficial, y no se mantienen por más de unos cuantos minutos (Lal 1987). A pesar de las extremas temperaturas superficiales, el frente de calentamiento no penetra profundamente en el subsuelo. Bajo condiciones normales, es decir si el material vegetal no ha sido apilado, la temperatura a profundidades de 1cm

no se eleva muy por encima de los 250°C. Por debajo de 2 cm de profundidad permanecerá a menos de 150°C, de tal manera que la destrucción de la materia orgánica ocurre sólo en los 2 cm superiores. Por lo tanto, como resultado de la quema, en lo que concierne a las características químicas, los suelos permanecen intactos para la mayor parte de la capa de raíces (Andriessse & Koopmans 1984).

II.3.2.1. Propiedades físicas.

Luego de un incendio se incrementa la tasa de evaporación del suelo y aumenta la temperatura superficial bajo las cenizas. Estas pueden infiltrarse en los suelos arenosos, hasta la zona mineral cuando el incendio es severo. Así, se pueden formar capas impermeables entre 2.5 y 23 cm de profundidad que reducen la cantidad de agua disponible para las plantas (Rodríguez 1988).

La repelencia al agua es causada por capas de materiales orgánicos en la superficie del suelo. Estos materiales son principalmente hidrocarburos alifáticos, que causan severos problemas de hidrofobicidad en suelos de textura gruesa con poca área superficial. El calentamiento intenso durante quemas anuales provoca difusión hacia el suelo de materiales orgánicos volátiles (Lal 1987). Estos materiales se condensan inmediatamente bajo la superficie por los pronunciados gradientes térmicos generados.

El efecto del calentamiento del suelo sobre la humedad es menor mientras mayor es la profundidad. Las quemas de baja intensidad calórica incrementan la repelencia al agua de la parte superficial del suelo, y cuando las temperaturas son muy altas,

la hidrofobicidad se establece en el subsuelo hasta los 5 cm de profundidad (Lal 1987).

La materia orgánica mejora la estructura del suelo, dándole mayor porosidad, lo cual permite una mejor infiltración del agua de lluvia. Tal beneficio deja de existir cuando la materia orgánica es consumida por el fuego, aunque tal efecto depende del grado de desarrollo del suelo, que es lo que determina la resistencia de la estructura edáfica. Si la estructura del suelo es susceptible, la pérdida de la cobertura vegetal y de raíces en el subsuelo disminuye la porosidad total y la proporción de macroporos (Lal 1987). Barney *et al.* (1984) explican que un incendio superficial de baja intensidad no afecta la porosidad del suelo. Sin embargo, quemaz poco intensas pero periódicas pueden reducir la porosidad.

El impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desprotegido implica la compactación de la superficie del mismo. La exposición del suelo a temperaturas extremas, un deficiente drenaje interno y las alteraciones en el balance hídrico que provoquen fluctuación del nivel del manto freático, estarán relacionadas con la compactación inducida por la deforestación de los suelos tropicales. Para ejemplificar los procesos mencionados, se refieren a continuación alteraciones edafológicas debidas al fuego y que resultan en la formación de "Tepetates", tal como son expuestas por Mohr & Van Baren (1954 en Lal 1987):

- i. Disminución en los contenidos de materia orgánica en el suelo.
- ii. Lavado de bases solubles e incremento resultante de la concentración de Fe, Al y Mn insolubles.
- iii. Lixiviación de silicatos.

- iv. Depositación de bases insolubles formando concreciones.
- v. Endurecimiento de las concreciones por desecación.

El fuego causa compactación de la superficie del suelo inmediatamente después del evento y en el subsuelo al repetirse el proceso en el tiempo. La compactación del subsuelo es un efecto a largo plazo de los fuegos provocados, resultado de drásticas alteraciones del régimen hidrotérmico y de las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (Lal 1987).

La textura del suelo puede verse alterada por la elevación extrema de la temperatura. Sreenivasan (1940), informó de los efectos del calentamiento por fuego en las características de un Vertisol en Indore, India Central. Sus resultados de análisis mecánico, muestran un "aligeramiento" de la textura del suelo, concluyendo que el fuego redujo su estado coloidal al incrementar la proporción relativa de fracción gruesa. Asimismo, se menciona que el efecto es debido, en parte a que las arcillas se convierten en arenas por fusión de las partículas, y en parte, a que las arcillas son removidas preferentemente por la escorrentía y la erosión aceleradas por el fuego inducido (Wehrmann & Johannes 1965 en Lal 1987).

II.3.2.2. Propiedades químicas.

La combustión es una oxidación muy rápida, en la que se liberan los nutrientes, algunos de los cuales se pierden por volatilización. Enseguida se enlistan algunas propiedades químicas del suelo que se ven afectadas por el fuego:

A. Materia orgánica. Los informes generados en diversas experiencias, han indicado disminuciones de importancia a largo plazo en el total de materia orgánica del sistema suelo-cubierta forestal, como resultado de incendios (Rodríguez 1988), o de quemas inducidas (Kauffman *et al.* 1991).

B. Nitrógeno total. Se ha observado que conforme aumenta la intensidad del incendio el N total disminuye. Se ha sugerido que la combinación de altas temperaturas, la dotación de nutrientes y los cambios en las condiciones del pH del suelo, originadas por una disminución en la cubierta vegetal y la depositación de cenizas en la superficie quemada, pueden favorecer, tanto la fijación simbiótica como la no simbiótica de nitrógeno. La actividad de algunas bacterias fijadoras de N aumenta de manera proporcional al incremento de pH del suelo (Rodríguez 1988).

C. pH del suelo. En diversos casos se ha notado que el pH del suelo aumenta después de la quema y que el efecto es temporal (20-25 años). Este cambio se manifiesta principalmente hasta los 10 cm de profundidad y la magnitud del cambio depende de la cantidad de contenido de bases de la ceniza, y de la textura y el contenido de materia orgánica del suelo (Rodríguez 1988).

D. Nutrientes. El derribo y quema de la vegetación libera nutrientes esenciales almacenados en la biomasa vegetal, en beneficio de los suelos por cultivar. Aparentemente el K y el N son perdidos con más rapidez de los suelos cultivados que de los suelos que sostienen regeneración sucesional. Se ha observado que

bajo el sistema de roza, tumba y quema, algunos nutrientes esenciales son incorporados temporalmente al suelo. El P y el Ca se incorporan rápidamente en los suelos cultivados hasta alcanzar valores mucho mayores que los que originalmente tuvo el suelo forestal. En un experimento a largo plazo, seis años después del cese de la fase de cultivo, el nivel de nutrientes del suelo, en la regeneración sucesional, aún se encontraba muy lejos de alcanzar los valores de la selva primaria (Adedeji 1984).

La quema en el laboratorio de muestras de suelo superficial (0-2 cm) seleccionadas de un sitio en Sarawak (Malasia), en un rango de temperatura de 20°C a 350°C, produjo un decremento de la capacidad de intercambio catiónico y de los valores de la mayor parte de los cationes intercambiables. Por el contrario, los valores de pH, conductividad eléctrica, saturación de bases y fósforo disponible se incrementaron. Lo más significativo fue la desaparición de materia orgánica y la liberación subsecuente de los nutrientes almacenados en ella (Lal 1987).

La oxidación provocada por el fuego disuelve y lixivia rápidamente los nutrientes minerales del suelo, por lo que el depósito de cenizas de un incendio aumenta el contenido de P, K, Ca y Mg disponibles, que alcanzan su máximo después de la quema. Tal efecto perdura por unos 5 años (Rodríguez 1988).

En México, Reyes (1980), halló que el desmonte mediante fuego sobre suelos Yaax hom (vertisoles gleycos o luvisoles gleycos) con fines agrícolas, mejora las propiedades físicas superficiales pues modifica la estructura de bloques gruesos

arcillosos a estructura granular; la materia orgánica y el N total disminuyen (aunque no significativamente) y se reduce temporalmente el número de microorganismos.

Estas modificaciones son causadas por los efectos combinados de dos procesos: el aporte de los materiales quemados, y los cambios del material edáfico debido al calentamiento. Es necesario hacer la distinción entre los efectos resultantes del calentamiento del suelo por una parte y la combustión del material vegetal por otra (Andriessse & Koopmans 1984).

La magnitud de la pérdida de nutrientes depende de la cantidad de los mismos acumulada en la biomasa y en las capas superficiales del suelo, el tipo de vegetación y la intensidad y duración de las quemas.

Por otro lado, una de las razones para justificar el empleo tradicional del fuego por la agricultura es que al incorporar cenizas se abastece al sistema de bases, que neutralizan la acidez del suelo y se enriquece al mismo con nutrientes, si bien es necesario anotar que tal efecto es temporal. Las cenizas de las plantas aportan Ca, P, K, Mg y S, esta adición de nutrientes es un efecto a corto plazo del fuego sobre el ecosistema.

Lal (1987), refiere un trabajo de Trapnell *et al.* (1976), que estudió el efecto sobre las propiedades del suelo tras 23 años de quemas anuales en tierras forestales en Zambia. Los resultados mostraron que la quema elevaba el pH en 0.3 a 0.5 unidades; el Ca intercambiable se incrementó de 0.21 a 0.73meq/100g y el Mg de 0.28 a 0.55meq/100g.

No hubo efecto significativo de los 23 años de quemas sobre el contenido de materia orgánica y nitrógeno total. Este último resultado fue atribuido a la acción de un factor ecológico complementario: el efecto de las termitas. En las parcelas con exclusión de fuego, los nutrientes son absorbidos por las raíces de las plantas e inmovilizados en el dosel del bosque. La hojarasca es consumida por termitas y los nutrientes se almacenan en el termitero a expensas de la acumulación de elementos en el suelo a su alrededor. Una quema tardía completa provoca que la mayoría de los nutrientes sean recuperados por el suelo en formas fácilmente disponibles. Después de quemas parciales tempranas, las termitas consumen la hojarasca no quemada.

Debido a los efectos interactuantes de diferentes factores ecológicos, es difícil aislar las consecuencias acumuladas a largo plazo de ciclos de fuegos naturales o provocados, en la dinámica de los nutrientes en ecosistemas tropicales (Lal 1987).

II.3.2.3. Microflora.

La duración e intensidad del incendio son factores que provocan cambios en algunas poblaciones microbianas, el efecto varía dependiendo de la humedad y textura del suelo y de la profundidad a la que residen los organismos.

Después de calentar el suelo durante una hora a 100°C, el tamaño de la población de bacterias disminuye y luego se incrementa. Sin embargo, el efecto sobre la diversidad de las bacterias no se conoce. Varios investigadores han mostrado que la quema prescrita en una plantación de Pinus taeda, altera

negativamente la composición de las poblaciones de hongos y bacterias, a tal punto que los procesos metabólicos del suelo resultan abatidos (Rodríguez 1988).

Barney *et al.* (1984), mencionan que las quemaduras severas inhiben el desarrollo de micorrizas en las plántulas de árboles y reportan que los microorganismos del suelo no sobreviven a temperaturas mayores a los 200°C (Tabla 2).

CLASE DE ORGANISMOS	SUELO SECO (° C)	SUELO HUMEDO (° C)
Bacterias nitrificantes	100 a 140	50 a 75
Otras bacterias	200	100
Hongos saprofiticos	120 a 155	60 a 100

Tabla 2. Temperaturas letales para bacterias y hongos del suelo. Conforme a Barney *et al.* (1984).

El efecto del fuego sobre los hongos asociados a raíces llega a profundidades mayores que los efectos sobre la química del suelo, y dado que estos organismos tienen una importante participación en los procesos de reciclaje de nutrientes, se considera que los cambios en la microbiología del suelo son más significativos que los químicos (Andriessse & Koopmans, 1984).

II.3.2.4. Fauna del suelo.

Las propiedades físicas del suelo en los ecosistemas tropicales están influenciadas por la actividad de la fauna del suelo, tal como los gusanos de tierra, termitas, etc. Es de esperar que existan efectos directos adversos sobre estas poblaciones por las altas temperaturas. Los efectos indirectos incluyen el decremento en la cantidad y diversidad del alimento,

mayor depredación, y deterioro general del ambiente (Lal 1987). Barney *et al.* (1984) y Prichett (1986), mencionan que tanto la mesofauna, como la macrofauna, disminuyen su tamaño poblacional después de un incendio.

II.4. Fuego y Ciclo Hidrológico.

Aguirre (1981), mostró que al destruir la cubierta vegetal y el lecho orgánico del suelo, y al alterar las propiedades físicas del mismo, los incendios forestales severos producen serias alteraciones en el ciclo hidrológico.

En cuencas con grandes superficies quemadas los escurrimientos pueden incrementarse debido a la falta de absorción (y ulterior evaporación) realizada por los vegetales y la materia orgánica del suelo (Barney *et al.* 1984).

La información obtenida en el estudio de López (1992) acerca de la hidrología de la selva baja caducifolia de Chamela, México, permite suponer que el desmonte de la vegetación en las cuencas hidrológicas, al disminuir la interceptación y alterar la capacidad de infiltración, provoca un aumento en la escorrentía y por lo tanto, un incremento en la erosión y lixiviación de nutrientes. El trabajo de Maass *et al.* (1988) demostró lo anterior.

II.5. Fuego y Erosión.

A consecuencia de un incendio, el riesgo de erosión estará en función de la erosividad del agua (intensidad de la precipitación) y viento, así como de la erodabilidad inherente al suelo, la pendiente del terreno, la reducción infringida a la cobertura vegetal y la intensidad del incendio (Prichett 1986).

Los efectos de una quema tardía (a fines de la época de secas), son más drásticos porque el suelo expuesto es sujeto a las lluvias torrenciales poco tiempo después del desmonte. La repelencia al agua incrementa la escorrentía, y con la falta de cobertura vegetal que sigue al incendio, se acelera el proceso erosivo. Relacionar la frecuencia, tiempo y estación en que se establecen los ciclos de quema, con respecto al riesgo de erosión para distintos suelos y ecosistemas, es un tema prioritario en la investigación sobre ecología del fuego (Rodríguez 1988).

En la región de Chamela, donde el sistema de roza, tumba y quema es usado por los campesinos con fines agrícolas, para transformar el ecosistema de selva baja caducifolia que cubre las colinas, los valores reportado por Maass et al. (1988) y los resultados de los estudios de García-Oliva (1992), señalan que la erosión es el proceso principal de degradación.

II.6. Fuego y Atmósfera.

Las cantidades de varios de los gases emitidos a la atmósfera como resultado de la combustión de biomasa (si bien la información es controvertida), pueden ser de magnitudes comparables a las producidas por la actividad de las industrias en todo el planeta (Lal 1987). Existen estimaciones de que entre 5 y 10×10^{14} g de Monóxido de Carbono (CO) se agregan anualmente a la atmósfera por la quema de vegetación en los bosques tropicales (Crutzen 1985 en Lal 1987).

Menciona Prichett (1986), que en 1968, en los EEUU, el humo de los incendios forestales y quemas prescritas contribuyeron con

un 8% a la contaminación ambiental. Sostiene también que los humos de las quemas prescritas pueden reducirse dando uso comercial a los combustibles grandes tales como troncos, a fin de que se reduzcan las emisiones al quemar menos material. En la Tabla 3 se enlistan las sustancias emitidas en un incendio forestal, según Barney *et al.* (1984).

SUSTANCIA	CANTIDAD	EFECTO POTENCIAL
Vapor de agua H ₂ O	Proporcional al contenido original	Reduce la visibilidad
Monóxido de Carbono CO	15-330 kg t ⁻¹ de combustible	Tóxico temporal y local
Dióxido de Carbono CO ₂	> 825 kg t ⁻¹ de combustible	Afecta el balance de C en la atmósfera
Hidrocarburos HC	Mínima	Smog fotoquímico cancerígeno
Oxidantes O ₂	Mínima	Smog fotoquímico
Oxidos de Nitrógeno NO _x	Mínima	Smog fotoquímico
Oxidos de azufre SO _x	Mínima	Tóxicos corrosivos
Partículas como cenizas y otras; diám. < 1 micra	2 - 9 kg t ⁻¹ de combustible	Reducen visibilidad provocan daño a vías respiratorias

Tabla 3. Sustancias presentes en el humo de los incendios forestales. Conforme a Barney *et al.* (1984).

En particular, a nivel regional, las quemas en selvas tropicales secas son fuentes significativas de emisiones de gases a la atmósfera. Las emisiones de CO₂ producidas en quemas experimentales en una selva tropical seca de la Cuenca del Amazonas, varían desde 8.7 a 10.8 kgCO₂ m⁻² (Kauffman *et al.* 1990). En contraste, Setzer & Pereira (1990) estimaron

recientemente emisiones de CO_2 para el Cerrado y quemas de pastura en el Amazonas seco de $4.954 \text{ kgCO}_2 \text{ m}^{-2}$. Los datos de Kauffman *et al.* (1990), indican que tanto el factor de combustión como las estimaciones de biomasa usadas para algunas predicciones podrían ser relativamente conservadoras.

II.7. El fuego y la Agricultura.

La restauración de un ecosistema forestal perturbado por corta y quema depende de la cantidad de nutrientes perdida por lixiviación de la zona de raíces, de la remoción por escorrentía, de la erosión eólica y de la volatilización. Adedeji (1984), reporta que el Ca, N, y K aparentemente son más rápidamente perdidos en situaciones de cultivo que cuando el terreno es de vegetación sucesional secundaria. El contenido de nutrientes más bajo, observado en los suelos de bosques secundarios, puede ser parcialmente explicado por las mayores pérdidas por lixiviación y escorrentía, dado que estos bosques no son tan "cerrados" como el bosque no perturbado.

El pastoreo y la quema remueven nutrientes, de tal forma que ayudan a controlar la sucesión, restringiendo el desarrollo de los arbustos y árboles. Green (1983), citando a Chapman (1967), anota que la quema significa la remoción de tanto como el 95% del N y el 25% del P de cosechas en pie, por volatilización.

Algunos otros factores que afectan la restauración de un bosque tras una perturbación por roza, tumba y quema son la duración de la fase de cultivo en la parcela y del período de descanso antes de repetir el ciclo de cultivo. La práctica

tradicional de cultivar la parcela por dos o tres años después del aclareo, tiene como objeto aprovechar la existencia temporal de altos niveles de nutrientes en suelo, agua y/o el complejo de intercambio de los suelos.

La explotación del período de alta fertilidad que resulta de la quema para producir cosechas de alimentos, sin permitir la regeneración natural en el terreno, puede inducir eventualmente a la pérdida de nutrientes y reducir el rendimiento de los cultivos. Tal situación está asociada al incremento de la presión humana sobre la tierra, que demanda que el período de cultivo sea mayor y el de descanso disminuya.

La situación extrema consiste en cultivo continuo y degradación de la tierra. Antes de que ésta etapa se alcance, es necesario que se desarrollen prácticas de manejo alternativo con técnicas y equipamiento agrícola apropiado, para asegurar la productividad sostenida. Por otra parte, después de la declinación de la productividad agrícola y el abandono de la parcela, es posible acortar el período de descanso, si se promueve que la fertilidad se restaure rápidamente de manera natural (Adedeji 1984).

Los contenidos de nutrientes, en relación con los cambios sucesionales posteriores a trabajos de roza, tumba y quema, fueron estudiados por Adedeji (1984), en Nigeria. Encontró que tanto el renuevo como los rebrotes tienen la misma importancia en la recuperación de la vegetación de selvas desmontadas, lo mismo en parcelas quemadas como en las no quemadas. Las plántulas de

especies leñosas pioneras se establecieron en parcelas de desmonte quemadas y sin quemar en un lapso de 4 meses. Si bien los rebrotes jugaron un papel más significativo que el renuevo en el terreno no quemado, el desarrollo de las plántulas permitió que la regeneración secundaria de la parcela quemada tuviera mejor apariencia que la de la parcela no quemada (Adedeji 1984).

Los rebrotes juegan un papel muy importante en la recuperación de la vegetación. En terrenos con regeneración secundaria sólo unas pocas especies son capaces de regenerarse en las parcelas quemadas, probablemente debido al daño hecho por las altas temperaturas y el bajo contenido de humedad en el suelo. Adedeji (1984), destaca que se requieren registros por mayores periodos de tiempo para obtener resultados factibles de generalización. En todo caso, es posible afirmar que después de tiempos de "descanso" suficientes, la fertilidad del suelo se restaura hasta niveles cercanos al original, siempre y cuando el suelo no haya sido devastado por erosión durante el periodo de cultivo previo.

García-Oliva (1992) en un estudio sobre el uso agropecuario en Chamela, México, planteó entre las consideraciones a las alternativas de manejo, el utilizar la capacidad de recuperación del ecosistema natural con un tiempo de uso adecuado, el cual debe contemplar el momento a partir del cual el deterioro del suelo es todavía reversible.

En el contexto del manejo y la conservación de recursos naturales, información como la anterior puede constituir una

aportación a trabajos de restauración de ecosistemas que han sido perturbados, debido a los sistemas agrícolas implementados en los países "en vías de desarrollo".

II.8. El fuego y la Conservación.

Green (1983), ha argumentado que el fuego es una herramienta útil y accesible con fines de manejo. Por medio de la aplicación de las quemas prescritas en zonas protegidas o en tierras destinadas a recuperación, pueden "controlarse" procesos como el ciclaje de nutrientes, la producción de biomasa o la acumulación de mantillo, con el objetivo de mantener al ecosistema "estacionado" en una fase sucesional determinada por conservar.

Bajo sistemas de cultivo de subsistencia en los ecosistemas forestales, la productividad agrícola decae rápidamente, la tierra es abandonada y se desarrolla la vegetación secundaria. La composición de especies de tal regeneración varía, dependiendo del grado y frecuencia de las quemas y de la vegetación circundante. Si la quema es recurrente, los pastos reemplazan a la vegetación arbórea (Adedeji 1984). Ello implica pérdida en la biodiversidad de ecosistemas forestales difícilmente recuperable. Al desarrollarse la sucesión vegetal comúnmente se acumulan algunos nutrientes, particularmente en las fases de arbustos, cuando se presenta invasión de leguminosas que fijan nitrógeno, de tal manera que las condiciones de contenido de nutrientes quedan modificadas y la competencia con especies "invasoras", impide a los organismos que ocupaban originalmente la zona el permanecer en ella (Green 1983).

En tanto que la agricultura moderna está ocupada en maximizar la producción, aumentando la fertilidad de la tierra, sus objetivos son opuestos a los de el que pretende manejar los recursos con fines de conservación, quien deseará maximizar la diversidad del ecosistema o mantener la existencia de especies características aún cuando ello signifique una baja fertilidad.

La cuestión es definir las posibilidades de encontrar un equilibrio entre ambos propósitos, conforme a las necesidades de productividad y las exigencias de la conservación. Sin embargo, la pretensión de manejar el factor fuego puede ser arriesgada si se carece de la infraestructura material y de conocimientos sobre varios aspectos de este elemento y sus efectos a corto y largo plazo sobre un ecosistema.

III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

La región de Chamela, Jal., está localizada en la costa central del Pacífico mexicano (19°30'N, 105°03'W). Los tipos de vegetación que se encuentran en la región son, conforme a la clasificación de Miranda y Hernández (1963): la selva baja caducifolia, y la selva mediana subperennifolia. La primera cubre las laderas y partes altas de las colinas, con árboles de entre 5 y 12 m de altura, que tiran todas sus hojas en la temporada de sequía. Está caracterizada por más de 758 especies herbáceas y arbóreas (Lott 1985) siendo la familia *Leguminosae* la más importante. La selva mediana subperennifolia, se halla en los pies de ladera a orillas de los arroyos, con árboles de 10 m a 25 m de altura, que en la época de secas pierden entre el 75% y el 90% del follaje. Esta vegetación corresponde al bosque tropical deciduo y semideciduo de la clasificación de Rzedowsky (1978).

El clima es estacional seco, cálido; la temperatura media anual es de 24.9°C y la temperatura media mensual varía de 22.6°C a 27.3°C. La noche más fría reportada fué de 12°C y el día más caliente de 35°C; la lluvia media anual es de 714 mm (con d.s.= 154 mm), con un rango de 453-937 mm (datos de 1977 a 1990). Más del 80% de la precipitación anual ocurre de julio a octubre (Bullock 1986). Para el año de 1990 la precipitación anual fué de 565 mm, ocurriendo la última precipitación de más de 50 mm en el mes de septiembre (García-Oliva com. per.). En 1991, no se presentó ninguna precipitación significativa en la zona sino hasta el mes de julio. En enero (uno de los meses a los que se

adjudica mínima probabilidad de lluvia) de 1992 ocurrió un evento de lluvia de 650 mm, el cual remarca la aleatoriedad del clima.

La geomorfología regional es compleja y consiste de tres formaciones geológicas: depósitos aluviales del Terciario, flujos de lava basalto y granito de origen Mesozoico (Jaramillo, com. pers.). El área de trabajo se encuentra sobre material parental de rocas cristalinas (riolitas y granitos). Los suelos de la zona se reportan como de tipo Entisol, jóvenes y con estructuras poco desarrolladas. Las texturas dominantes son migajón arcillo-arenoso, con baja concentración de nutrientes minerales (capacidad de intercambio catiónico total promedio de 8.7 meq/100g), con un promedio de 2.5% de materia orgánica y con valores de pH entre 6 y 7. La topografía presenta colinas con pendientes convexas en gradientes de 25 grados promedio, si bien son comunes las inclinaciones mayores (García-Oliva et al. 1992).

Las características del sistema agrícola que se practica en la región fueron descritas por De-Ita (1983).

El uso del suelo está dividido en:

- (1) cultivo y pastizales en tierras áridas convertidas a partir de las laderas desmontadas, y
- (2) agricultura de riego en áreas planas (aluviales).

La propiedad comunal (ejidos) es la forma mayoritaria de tenencia de la tierra en la región.

De-Ita (1983), describió la forma de cultivo típica de los campesinos ejidales en las colinas:

- 1- La vegetación herbácea y subarborescente de las parcelas de 4 ha se roza con machete en Abril.
- 2- Se tumban los troncos con hacha en Mayo.
- 3- La parcela es quemada en Mayo.
- 4- Se siembra frijol, maíz y pastos, principalmente *Panicum maximum* Jacq. y *Cenchrus ciliaris* L. (Lott 1985) antes de las primeras lluvias de Junio.
- 5- Se protege de Julio a Octubre.
- 6- Cosecha de frijol.
- 7- El maíz seca en la espiga, se cosecha en Enero y Febrero.
- 8- Se deja entrar ganado a las parcelas de Febrero a Marzo.
- 9- Segunda quema (del material leñoso que no se consumió el primer año) en Mayo.
- 10- Se replantan los pastos en Junio y Julio.

Los números 9- y 10- se repiten cada año mientras al campesino le resulta productivo el terreno, después de lo cual la parcela usualmente se abandona y se permite el crecimiento secundario de la vegetación natural. Conforme la demanda de tierras aumenta se va notando la menor proporción de acahuales. El ganado se introduce en densidades de 5-10 animales por ha en la temporada de lluvias rotándolo en los campos del ejido cada 15-20 días. En las colinas más inclinadas se siembran juntos pasto y maíz, después de desmontar.

Después del primer año estas áreas se conservan como pastizales hasta que el sobrepastoreo causa la invasión de vegetación leñosa. La intensidad de pastoreo reportada para el sistema es sorprendentemente alta y, dependiendo de la duración del mismo, puede tener consecuencias para la sucesión después del abandono.

Hay varios aspectos distintivos en este sistema de cultivo para la selva baja, comparado con la roza, tumba y quema en otros lugares. Primero, es importante notar que la mayoría de los campesinos que radican en la zona, inmigraron del Altiplano hace

unos 20 años; segundo, los dos pastos más importantes (*P. maximum* Jacq. y *C. ciliaris* L.), fueron introducidos a la región apenas hace 10-15 años. Los flujos tan recientes de población y forrajes han promovido un sistema de roza-tumba y quema único. En la mayoría de las regiones con selva baja, se procede al derribo en la temporada de lluvias o al inicio de la de secas. En Chamela los árboles se tiran 2-3 meses después de comenzada la sequía y sólo 1-2 meses antes de quemar.

A diferencia de otros sistemas, la tumba en Chamela se efectúa ya avanzada la sequía. Esto tiene consecuencias que pueden afectar el comportamiento del fuego: las hojas sufren abscisión antes de la tumba y la madera tiene distintos tiempos de secado antes de la quema.

Chamela es un ejemplo, entre muchos, de las grandes áreas de selva baja caducifolia en México que son convertidas a potreros (Toledo *et al.* 1989). Entre los factores ambientales que limitan la producción agropecuaria en este tipo de ecosistema se encuentran: la marcada estacionalidad de la disponibilidad de agua y la alta susceptibilidad a la degradación de los suelos (García-Oliva 1992).

A continuación se describen las parcelas en que se trabajó del Ejido San Mateo:

"La Vista 1", es un terreno de aproximadamente 2 ha, dividido por una cerca de alambre de una zona de selva sin tumbiar. Constituye una colina de pendientes de entre 11 y 67 % con una orientación de la ladera desmontada hacia N-NW. La parte alta de la pendiente es pedregosa, el material de roza y tumba de la selva aparecía más concentrado en esa parte, tal vez porque al momento del derribo, los árboles cercanos al lindero de la parcela, se tiran hacia adentro y los de la parte plana de la cumbre de la colina caen en la dirección de la pendiente.

"La Vista 2", es una parcela de 4 ha que se encuentra a lo largo de una ladera con orientación S-SE y porcentajes de pendiente que varían de 16 a 56 %

En el Ejido Juan Gil Preciado se trabajó en otras dos parcelas con las siguientes características:

Los terrenos se encuentran a mayor distancia de la costa que los del Ejido de San Mateo (aproximadamente 8 km a las parcelas de Juan Gil en contraste con 2 km a las de San Mateo).

Las parcelas se encuentran a lo largo de laderas con orientación S-SE, correspondiendo a dos colinas adyacentes, los porcentajes de pendiente variaban, en la parcela Juan Gil 1, de 45% a 67 % y en Juan Gil 2 entre 23% y 67 %, la superficie de cada parcela es de cerca de dos hectáreas, limitando su parte alta con zonas de selva no perturbada.

La descripción de las parcelas y el calendario de labores de la roza, tumba y quema se resume en los siguientes cuadros:

Parcela	Area (ha)	Pendiente Grados	Orientación	Sitio y Propietario
La Vista 1	2	5 a 30	Norte	Ejido San Mateo Sr. Ramiro Peña
La Vista 2	4	7 a 25	Sur	
Juan Gil 1	2	20 a 30	Sur	Ejido Juan Gil Sr. Antonio Sánchez
Juan Gil 2	2	10 a 30	Sur	

Cuadro 1. Descripción de las parcelas de estudio.

	Ejido San Mateo		Ejido Juan Gil	
Labor	fecha	esfuerzo	fecha	esfuerzo
ROZA	2ª quincena de	El dueño contrató a cuatro jornaleros	inició Noviembre	El dueño efectuó el trabajo él mismo
TUMBA	Noviembre 1990		terminó Febrero	
QUEMA	Mayo 1991		Abril 1991	

Cuadro 2. Descripción del sistema de roza, tumba y quema en las cuatro parcelas de trabajo en Chamela.

IV. METODOS

IV. METODOS

IV.1. Descripción de los sitios de trabajo.

Para caracterizar el manejo del fuego en la región de Chamela, en la costa de Jalisco, México, se entrevistó a los campesinos con el fin de conocer los criterios y los métodos que determinan la realización de este manejo.

El estudio se realizó en parcelas de selva que no habían sido sometidas previamente al manejo, es decir, en las que se ejerció la roza, tumba y quema por primera vez.

Quedaron establecidas cuatro parcelas de trabajo, dos en el Ejido San Mateo y dos en el Ejido Juan Gil Preciado, que fueron quemadas por los campesinos en abril y mayo. En el primer ejido la tumba fue efectuada desde noviembre y en el segundo se realizó en febrero. El intervalo de tiempo que transcurre desde que el material es cortado hasta el momento de la quema, fue considerado como el factor de tratamiento, reconocido como el tiempo de secado del material combustible correspondiente a cada ejido. De esta forma, el tratamiento 1 correspondió a un intervalo de 6 meses de secado del combustible (San Mateo) y el 2 a un intervalo de 3 meses (Juan Gil).

IV.2. Caracterización de combustibles

Para evaluar la biomasa del material combustible leñoso se le clasificó conforme a los criterios de tiempo de retardo. Dado que el contenido de humedad es una de las variables principales en el proceso de combustión, los combustibles son frecuentemente categorizados con respecto a sus tasas de secado o pérdida de humedad (constantes de tiempo de retardo). La pérdida de agua de

los materiales orgánicos tiende a obedecer una tasa logarítmica (Pyne 1984 en Uhl & Kauffman 1990).

Las constantes de tiempo de retardo de cualquier partícula de combustible dada es el tiempo en que pierde el 63% de la diferencia entre su contenido de humedad inicial y un nuevo contenido de humedad de equilibrio, bajo condiciones estándar de laboratorio a 27°C y un 20% de humedad relativa (Byram 1963 en Kauffman et al. 1988).

Las constantes de tiempo de retardo establecidas para clasificar material leñoso caído se expresan en horas y corresponden a clases de diámetro de las ramas, tallos y troncos (Deeming et al. 1977 en Kauffman et al. 1988). Las categorías son:

1 hora (1h) = < 0.64 cm de diámetro,
 10 horas (10h) = 0.64-2.54 cm,
 100 horas (100h) = 2.55-7.6 cm y
 1000 horas (1000h) = >7.6 cm.

Para estimar la biomasa de los materiales leñosos se utilizó el método de intersecciones planares (Van Wagner 1968; Brown 1971; Brown 1974; Kauffman et al. 1988; Kauffman com. per.). Tal método consiste en simular el corte virtual de un plano vertical sobre los materiales derribados, que se representa por la línea de muestreo y que en el terreno se delimita extendiendo una cinta métrica. En el conteo de las piezas de combustible que intersectan con la cinta, se observa el plano que "corta" los materiales, desde 15 cm sobre la cinta hasta la superficie del suelo. Una vez establecida la posición de la línea, se fija la cinta mientras se cuentan y miden los diámetros de las piezas.

Estos últimos se miden con un vernier.

Se ubicaron cinco líneas de 12 m de longitud por cada parcela. En los dos primeros metros de dicha línea, se contaron los materiales leñosos con un diámetro menor o igual a 0.5 cm y de entre 0.6 y 2.5 cm. En los primeros cuatro metros se obtuvo la frecuencia de los que tuvieron un diámetro de 2.6 a 7.5 cm y, en toda la línea, la de aquellos con un diámetro superior a 7.5 cm.

El diámetro de cada partícula de combustible de 1000 hrs que intersectó la línea fue aproximado al centímetro más cercano. Para los combustibles de 1h, 10h y 100h, se estimó el diámetro promedio (basado en las mediciones de 100 partículas de combustible seleccionadas al azar para cada clase diamétrica), el cual, se multiplicó por el número de partículas, correspondientes a esa categoría, que intersectaron el transecto.

De acuerdo con la metodología (Brown 1974), se determinó la pendiente, cuando ésta existía, en el sentido de la dirección de la línea, utilizando una brújula. Con ello se corrigió a una base horizontal. La desviación debida a la inclinación de las partículas fué corregida conforme a Brown & Roussopoulos (1974). Se emplearon los datos de densidad de madera reportados para Chamela por Barajas-Morales (1987), para aplicarlos en la fórmula de estimación de biomasa Kauffman (com. per.) [Apéndice].

Para medir los diámetros de ramas o troncos de más de 7.5 cm se usó un flexómetro y por separado las piezas que presentaban pudrición (Sánchez & Zerecero 1983).

La medición de los combustibles comprendió el material leñoso muerto (ramillas, tallos, ramas, y troncos) de árboles o arbustos, que cayeron a la superficie del suelo y que se habían separado de la fuente original de crecimiento. Por tanto, se omitieron las ramas muertas fijadas a los troncos de árboles en pie. Se consideraron también, las ramas o ramillas que estaban dentro o sobre la capa de hojarasca. Sin embargo, no se midieron aquellas que se encontraron dentro de la capa de humus. Si el plano de muestreo intersectaba más de una vez una pieza curvada, se midió cada intersección. No se registraron los tocones sin alteración. Para trozas podridas caídas, se construyó visualmente un cilindro que contuviera el material para estimar su diámetro.

Los combustibles finos y hojas, dentro del mantillo, comprenden aquellos materiales que se acumulan por la caída natural de los diferentes estratos vegetales y constituyen la hojarasca y el humus del piso del bosque. Se midió la profundidad de las capas orgánicas, hasta su límite con el suelo mineral usando una varilla graduada en cm. Al exponer el perfil se tuvo cuidado para evitar compactar o levantar las capas cuando éstas eran medidas. La medición se efectuó en cada metro en los cinco transectos de doce metros por parcela.

La cantidad de combustibles finos se estimó colectando el mantillo y el humus contenido en 1 m². Con fines prácticos, así como para detectar la variación de estos combustibles, se colectó el material de 16 cuadros de 25 x 25 cm, ubicados al azar en 8 puntos a lo largo de dos transectos en cada parcela.

Este material se llevó al laboratorio en bolsas de polietileno, donde se le limpió de pequeñas piedras para obtener el peso de campo. Las muestras fueron secadas en estufa a 80°C durante 24 h para obtener su peso seco.

La cobertura en el piso del terreno se estimó por el método de intercepción puntual (Mueller-Dombois & Ellenberg 1974). Cada 0.5 metros a lo largo de los transectos, la cobertura de la superficie fue ubicada en una de las siguientes categorías: mantillo, suelo desnudo, roca, leños y vegetación viva. Esta estimación fue realizada antes y después de la quema, añadiéndose en el segundo caso la denominación para cenizas.

En el muestreo inmediatamente después de la quema, se midió la profundidad de la capa de cenizas sobre el suelo -de manera semejante a la medición de la profundidad del mantillo prequema-, y en una visita posterior (seis semanas después del muestreo postquema), se volvió a medir la profundidad de las cenizas, para estimar la pérdida de las mismas.

IV.3. Descripción del Manejo del Fuego.

El manejo del fuego considera los criterios y condiciones que determinan el ejercicio de la quema por parte del campesino.

Se describió el proceso de quema destacando los aspectos que determinan la eficiencia del trabajo y la intensidad del fuego, tales como el método de ignición y la técnica de quema.

Con respecto al análisis de las condiciones del ambiente, que tienen influencia sobre el comportamiento del fuego al momento de la quema, se midieron diferentes variables. Al inicio

de la quema y durante su transcurso se registró la temperatura y se identificó la velocidad del viento correspondiente a la escala Beaufort, la cual se ajustó a la velocidad de viento a media llama (que es la que influye en el comportamiento de un incendio), conforme al factor establecido para los desechos de manejo como categoría de combustible (NARTC 1990). Se procuró considerar la evolución de estas variables midiéndolas sistemáticamente en los terrenos desde días antes.

Para evaluar la intensidad de la quema, en varios momentos de su desarrollo se estimaron visualmente la longitud de la llama (m) y la velocidad de propagación (m/s) del frente de fuego.

La intensidad en la línea de fuego, que se define como la tasa de liberación de calor por unidad de longitud de la línea de fuego, se calculó usando la relación con la longitud de las llamas, como es reportado por Byram (1959 en Kauffman & Martin 1989 y Alexander 1982):

$$I = 258 F^{2.17}$$

donde :

I=intensidad de línea de fuego(kW m^{-1}) y F=longitud de llama(m).

El calor por unidad de área (H) (kJ m^{-2}), es la energía total o calor liberado por unidad de área y puede calcularse, para la línea de fuego, dividiendo la intensidad de línea de fuego por la velocidad de propagación, conforme a Rothermel & Deeming (1981, citados en Kauffman & Martin 1989).

Para caracterizar el manejo del fuego en la región se consultó la información documental y se entrevistó a los campesinos para averiguar los métodos y criterios que siguen para realizar las quemas. De igual forma fue solicitado su permiso para participar en las quemas en los meses de abril y mayo, con el fin de observar el método de ignición, así como para realizar los muestreos de evaluación de la biomasa combustible antes y después de la quema.

Finalmente, para mostrar el resultado de los datos estimados se obtuvo el valor promedio de la medición de los transectos (10 por ejido o tratamiento, 20 en total), se calculó su desviación estándar y el intervalo de confianza al 95% con el valor de tablas de la distribución t (student) (Steel & Torrie 1980; Sokal & Rohlf 1981).

V. RESULTADOS

V. RESULTADOS

V.1. Descripción del trabajo de roza y tumba de la vegetación.

Existieron diferencias en el trabajo de roza y tumba implementado entre cada ejido de los dos estudiados. En el ejido Juan Gil Preciado, el propietario de las parcelas, en función de una relativa escasez de recursos económicos, rozó, tumbó y quemó personalmente, lo que significó una importante inversión de trabajo para el agricultor (dos meses), que fue alternada con otras labores como el cuidado del ganado, el arreglo de cercas, y el acarreo de agua. En todos los desmontes visitados había sido empleada la motosierra para derribar los árboles, aunque fue comentado que algunos ejidatarios con menos recursos usan hacha si no consiguen una motosierra en préstamo o renta.

La eficiencia del trabajo de roza y tumba fue, aparentemente, mayor en el desmonte de San Mateo, donde el propietario contrató o dedicó a alguno de sus peones para realizar el trabajo, en menos tiempo y con más cuidado. El ejidatario mandó elaborar la guardarraya, precisó cómo debían picarse las ramas, y procuró que, después de derribar los troncos no útiles éstos fueran trozados en piezas más "consumibles". Dado que el trabajo es remunerado, la exigencia en su cumplimiento es mayor y se le dedican más tiempo y recursos. De cualquier manera, es necesario considerar que la eficiencia del trabajo, puede verse influida por factores externos a la disponibilidad de recursos, y cuestionarse si en realidad el balance costo-beneficio resulta favorable para el propietario del terreno.

Es interesante que un agricultor con relativamente mayores recursos económicos disponibles, encargue las labores de roza y tumba a partir del término de la época de lluvias (tan temprano como noviembre), mientras que los campesinos con menos recursos deben postergar este trabajo a fechas más avanzadas dentro de la sequía, en función de otras labores que ocupan su tiempo. Tienen como límite el mes de febrero, tres meses antes de la temporada de quemas a principios de mayo. Este límite es considerado por los ejidatarios como el tiempo mínimo que requiere el material derribado para secarse y que sea posible una buena quema. De la misma manera, el criterio que marca como temporada de quema desde los últimos días de abril a los primeros de mayo existe en función del aspecto climático que se muestra como un elemento determinante y de riesgo, dada la dificultad para predecir las condiciones meteorológicas, especialmente en Chamela. Aparecen además factores de interacción entre las jerarquías socioeconómicas involucradas en el manejo de recursos (García-Oliva com. per.). Así, las disposiciones gubernamentales pueden modificar los tiempos y condiciones de trabajo, al retardar la emisión de permisos de desmonte o las fechas en que se otorgan los créditos que significan los recursos con los que trabaja el agricultor.

En las parcelas del ejido San Mateo (La Vista 1 y 2), la roza y tumba de la vegetación primaria fue efectuada por varias personas contratadas para la labor, quienes emplearon machete y motosierra.

Aproximadamente un 20 % de los árboles fue dejado en pie por ser considerados como "de servicio" (para postes de cercado, obtención de madera y leña, y ofrecer sombra al ganado). De los árboles tumbados, aquellos que tenían un diámetro a la altura de pecho (DAP) mayor a 25 cm aproximadamente, estaban cortados en trozos con motosierra, y el material producto del desrame se halló apilado alrededor del tronco, sin que se observara una dirección preferida en el derribo del árbol. Podían encontrarse algunos tocones con regeneración en proceso.

El propietario de estos dos terrenos, el Sr. Ramiro Peña, contaba con recursos económicos suficientes para mantener 50 cabezas de ganado en diversas parcelas, algunas arrendadas a otros ejidatarios, así como para obtener beneficios de actividades alternas, como la siembra de pastura y el comercio.

De acuerdo con el ejidatario la tumba de las parcelas fue realizada a fines de noviembre, por contrato de 4 personas que limpiaron las dos parcelas en una semana, a un costo total aproximado de \$800,000. La madera que podría sacar en un futuro la constituyen las especies de servicio que se dejaron en pie; por ejemplo: Coral (*Caesalpinia platyloba* S.Wats.), Barcino (*Cordia elaeagnoides* DC.) y Primavera (*Tabebuia donnell-smithii* Rose) (Barajas-Morales & Pérez 1990; Lott 1985). La quema se llevó a cabo seis meses después del derribo de la vegetación. Ambas parcelas se destinaron a pastizal.

El propietario de las parcelas del Ejido Juan Gil, el Sr. Antonio Sánchez, es uno de los primeros residentes del ejido, y mantiene 10 cabezas de ganado con escasos recursos económicos. El trabajo de roza y tumba lo realizó él mismo con la ayuda de dos parientes; la roza se efectuó en un tiempo de dos meses, a partir de noviembre. El material leñoso quedó distribuido de forma relativamente heterogénea en la superficie del terreno, dado que los árboles se derribaron en dirección indistinta.

A diferencia del caso de San Mateo, los troncos más gruesos no fueron partidos en trozas menores, y se limitaron a cortar con machete las ramas de los árboles tirados, aunque no en toda la parcela. Por lo demás, las cuatro parcelas son aparentemente semejantes y el trabajo de desmonte fue realizado de manera similar en ambos ejidos. La tumba en Juan Gil fue terminada hasta el mes de febrero. De esta manera, el período de sacado del material leñoso derribado fue de aproximadamente tres meses.

El trabajo de quema fue llevado a cabo a mediados de abril siendo de las primeras quemas en la zona, ya que el Sr. Sánchez opinó que no sería posible realizarla satisfactoriamente después, de acuerdo con su experiencia. En ambas parcelas sembró pasto y en la parte baja de una de ellas (una zona plana de unos 100 m²), sembró maíz y calabaza. Los cultivos fueron para autoconsumo. Cabe mencionar que el ciclo inmediato anterior (1990), se distinguió como un año seco, y que a la fecha de la última visita a la zona (Julio 1991) la precipitación había sido igualmente muy escasa, resultando aparentemente, en la pérdida de los cultivos.

Se visitaron además en el Ejido Juan Gil dos parcelas en las que, tras ser desmontadas y cultivadas, se permitió el crecimiento de la vegetación secundaria durante un período de descanso de doce años.

La vegetación de estas parcelas de "Chapón" o "Barbecheras", como se les conoce, se encuentra dominada por árboles de porte delgado llamados Huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) (Lott 1985) y abundante vegetación arbustiva espinosa.

Estas parcelas fueron rozadas en noviembre de 1990 y la tumba se realizó en la primera semana de marzo de 1991. Unos pocos árboles de tronco más grueso, que probablemente quedaron en pie desde la primera quema, fueron cortados y retirados para su aprovechamiento como postes de cercado y en construcción. La quema de estos terrenos se llevó a cabo a finales de abril.

Al parecer, quienes abren tierras a cultivo en los últimos años, practican este tipo de aclareos de vegetación secundaria, en ocasiones por la facilidad del acceso a estos terrenos y en virtud de las disposiciones gubernamentales que hacen ilegal el desmonte de la selva no perturbada. Por otro lado, por cada año de uso se hace necesario volver a quemar las parcelas, lo mismo si se trata de cultivos, para limpiar los residuos, que si es un pastizal, para promover el rebrote tras la sequía (sistema denominado como roza, junta y quema. PAIR 1992).

V.2. Preparación de la quema.

Acerca de los criterios para la elección de la fecha y hora de la aplicación del fuego, se entrevistó a los agricultores:

Indicaron los campesinos que la razón para efectuar las quemas hasta finales de abril y principios de mayo, consiste en que es en esta época cuando los vientos soplan en dirección constante y con la intensidad suficiente, lo cual favorece el mejor desarrollo de las quemas. Mencionaron igualmente que las condiciones de sequedad del combustible podrían permitir su ignición desde el mes de marzo (en el caso del material derribado en noviembre), pero no es factible sostener ni controlar su propagación. Por otro lado, indicaron que si se quema con mucho tiempo de anticipación, el suelo se compacta y resulta más difícil sembrar.

La fecha aproximada de inicio de la temporada de quemas es normalmente a partir del 25 de abril. El propietario de las parcelas del Ejido San Mateo describió las condiciones de un día apropiado para quemar como: "Un día que amanezca despejado para tener buen calor y mucho viento".

Los ejidatarios coincidieron en la opinión de que la quema es una práctica obligada, por su bajo costo y alta eficiencia, para hacer posible el desmonte. Desmontan una o dos hectáreas por vez y normalmente siembran durante un año o dos para después convertirlas en pastizal. Todos en el ejido tienen sus tierras, cada quien decide cuál terreno le es conveniente desmontar, de qué dimensiones le es factible trabajarlo y cuándo quemar. Aparentemente la situación económica del campesino es la determinante principal en la toma de estas decisiones.

Cuando la parcela por quemar era adyacente a terrenos empastados o de otro propietario, resultó necesario hacer una guardarraya (romper la continuidad horizontal de material combustible), limpiando de restos vegetales una franja de aproximadamente 0.5 m de ancho ó, en el caso de los pastizales, de más de 1 m de ancho, con el fin de impedir que el fuego se propagara de la parcela de selva tumbada al terreno vecino. La guardarraya se hace también para proteger los postes del cercado.

En el caso de las parcelas estudiadas, el terreno desmontado limitaba por la parte alta de la ladera con la selva no perturbada y los agricultores no consideraron necesaria la precaución de hacer esta línea corta-fuego.

Fue indicado anteriormente que varios árboles son dejados en pie, en virtud de que su madera es apreciada para distintos servicios. Si el interés del campesino por tales árboles lo justifica, se procura limpiar el material combustible alrededor de la base de estos individuos antes de la quema, para evitar que los dañe el fuego. De cualquier forma cabe decir que, en el momento de la quema, varios de esos árboles fueron derribados por la acción del fuego en la base del tronco. El árbol recién caído sobre el material en combustión, se consumía parcialmente.

V.3. Descripción del proceso de quema.

Para iniciar el fuego, algunos campesinos usan petróleo, aunque generalmente es posible prender directo, con un tizón o cerillos. El petróleo, más que emplearse para empapar el material, se usó en pequeña cantidad para mantener el tizón

encendido y éste se ponía en contacto con la hojarasca para prenderla. Frecuentemente hubo necesidad de volver a prender e incluso ir "empujando" la línea de fuego para que consumiera con eficiencia el material de derribo. Los campesinos se limitaron a prender fuego al perímetro de la parcela, y esperar que el fuego se propagara por sí solo (a favor del viento y pendiente arriba).

No se acostumbra quemar nuevamente los parches de vegetación que, en virtud de que la propagación no es uniforme, quedaron intactos. De hecho, el campesino se retiraba del lugar aún cuando el fuego no se hubiera extinguido, si consideraba que no había peligro de que se propagase a otros terrenos. Las quemas presenciadas no representaron para los campesinos una inversión de más de tres horas de trabajo. Fue comentado que se han presentado accidentes por la imprudencia de quienes se desplazan dentro de la parcela cuando la quema está en proceso.

En total, se participó en cinco eventos de quema en tres parcelas diferentes:

a) El 29 de abril de 1991 en el Ejido Juan Gil Preciado se quemó una parcela de "Chapón" (vegetación secundaria). En esta vegetación, rozada en noviembre y tumbada en febrero, el fuego se propagó irregularmente.

Tres personas realizaron una ignición perimetral, pero fue necesario que se prendieran puntos dentro de la parcela que no se encendieron desde el principio, dada la deficiente propagación.

b) El 2 de mayo en el Ejido San Mateo participé en la quema de la primera parcela de selva, "La Vista 2". En este caso la

ignición consistió en tres puntos espaciados en el extremo de la parcela, correspondiente al pie de ladera; en cada punto se acumulaba hojarasca bajo leños y se le prendía fuego con cerillos... El fuego recorrió ladera arriba la totalidad de la parcela, sin necesidad de mayor esfuerzo humano.

c) El día 7 de mayo se efectuó la quema de la parcela nombrada "La Vista 1", en la cual el fuego no se propagó regularmente por el terreno, quedando algunas porciones de la parcela sin quemar. Por ello los días 10 y 12 de mayo se hicieron dos nuevas quemas sobre estos parches, para obtener mediciones de temperatura en el suelo.

Los campesinos adjudicaron a las condiciones climáticas la determinación de la fecha de quema: requerían temperatura alta, cielo despejado y vientos de intensidad y dirección constantes. Los datos de clima en las quemas presenciadas se detallan en la Tabla 4.

Parcela	Fecha de quema	Temperatura °C	Velocidad de viento km/h Beaufort	Media llama
Chapón	29 abril	38-40	5-10	3
LaVista 2	2 mayo	29-34	10-20	6
LaVista 1	7 mayo	32-37	5-10	3
LaVista 1	10 mayo	38-41	10-20	6
LaVista 1	12 mayo	32-34	10	3

Tabla 4. Datos de clima medidos durante el transcurso de las quemas: temperatura y velocidad del viento (ajustado a media llama).

Se observó que a lo largo del proceso de quema, los cambios de viento desviaban la dirección de propagación del fuego e incluso la detenían. Igualmente, la sombra proyectada por nubes sobre el terreno, aparentemente disminuía la intensidad del fuego momentáneamente. Durante el transcurso de la quema del día 12 de mayo, que resultó la menos intensa, se presentó cielo con nubes y el intervalo de temperatura ambiente registrado fue también el más bajo.

Los indicadores de la intensidad del fuego, medidos en todas las quemas, mostraron que los valores de longitud de llama variaron de 1 a 5 m y que la velocidad de propagación fue de entre 0.5 a 5 m min⁻¹ (Tabla 5).

Parcela	Fecha de quema	Largo llama (m)	Velocidad propagación (m min ⁻¹)	Intensidad línea fuego (kW m ⁻¹)	Calor lib. por área (kJ m ²)
Chapón	29 abril	1-1.5	0.5-1	258 - 621.9	516 - 621.9
La Vista 2	2 mayo	2	0.5-5	1161.1	2322.1 - 124.4
La Vista 1	7 mayo	1-2	1-2	258 - 1161.1	258 - 580.5
La Vista 1	10 mayo	2	1-2	1161.1	1161.1 - 580.5
La Vista 1	12 mayo	1	0.5	258	516

Tabla 5. Datos de Intensidad de la línea de fuego y Calor liberado por unidad de área en el frente de la quema, calculados a partir de los indicadores del comportamiento del fuego (longitud de llama y velocidad de propagación).

Al aplicar las fórmulas mencionadas en la metodología se obtuvieron magnitudes de Intensidad de la línea de fuego desde 258 kW m⁻¹, hasta 1161 kW m⁻¹. Los valores correspondientes a Calor por unidad de área fueron de 13933 kJ m⁻² para longitud de llama de 2 m con velocidad de propagación de 5 m min⁻¹, y de 139327 kJ m⁻² con longitud de llama de 2 m y velocidad de propagación de 0.5 m min⁻¹. Estos valores corresponden a una quema de intensidad baja a moderada (Alexander 1982).

Consistentemente, al inicio de la quema, en la parte inferior de la ladera, la intensidad del fuego era baja, y conforme se propagaba ladera arriba aumentaban paulatinamente, tanto la longitud de las llamas como la velocidad de propagación. De esta manera, al llegar al límite superior de la pendiente, se registraban los parámetros de comportamiento del fuego extremos. En la quema del 2 de mayo se estimó una longitud máxima de llamas de 5 m, con una velocidad de propagación de 5 m min⁻¹ y con una velocidad de viento estimada como de 20 km h⁻¹. Estas condiciones se presentaron en el momento en que el fuego llegó a la parte media de la parcela que tenía la mayor pendiente (35%).

En todas las quemas, el fuego alcanzó el borde superior de la parcela, limítrofe con la selva sin tumbar, en condiciones de máxima intensidad. A pesar de ello, no se observó en ningún caso que la quema se extendiera dentro de la selva más allá de los tres primeros metros, en donde sólo consumía el mantillo del suelo y, aparentemente, afectaba de manera leve, a algunos individuos vivos de la vegetación.

V.4. Evaluación del material combustible.

V.4.1. Continuidad de la cobertura combustible.

Con respecto a la continuidad de los combustibles y en función de que se trata de material vegetal derribado, se tomó en cuenta únicamente la distribución horizontal del mantillo, ramillas, ramas y troncos. Como ya se mencionó en la descripción de las parcelas, este material leñoso quedó distribuido de forma relativamente heterogénea en la superficie del terreno, dado que los árboles se derriban en dirección indistinta. A diferencia de un incendio en bosque no perturbado, en las parcelas de desmonte no existe continuidad vertical de combustibles, puesto que aún los árboles dejados en pie son de fuste largo, sin ramas bajas.

En los trabajos de roza y tumba más acabados, el fuste de los troncos gruesos fue partido en trozas, y el picado del material consistió en cortar con machete las ramas de los árboles tirados; sin embargo, esto no fue observado en todas las parcelas. Los materiales leñosos ligeros forman, como resultado de la roza y tumba, una capa relativamente continua de material que, junto con el mantillo, es la que posibilita la propagación del fuego. Al ser derribados los árboles, los troncos y sus ramas forman apilamientos, que se ubican como parches en la matriz de los combustibles ligeros.

Se midió la profundidad de la capa orgánica superficial del suelo, a lo largo de los transectos de medición de combustibles, encontrándose que su grosor promedio era de 3.86 cm (Int.Conf.95± 0.36) en Juan Gil y 3.06 cm (I.C.= 0.29) en San Mateo (Fig.1.).

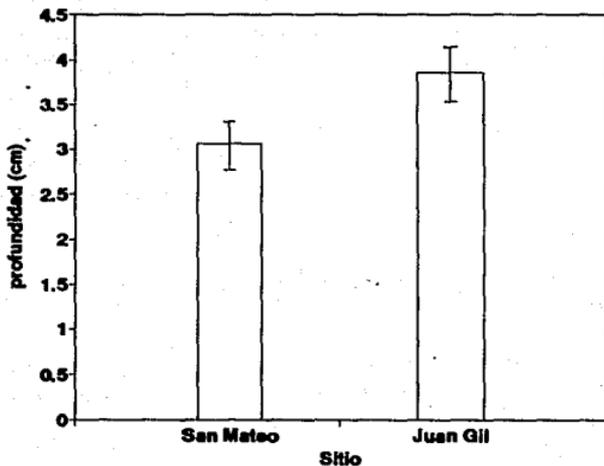


Fig. 1. Profundidad de la capa superficial del horizonte orgánico por ejido, promedio en cm \pm Intervalo de Confianza (I.C.95%)

V.4.2. Porcentaje de cobertura.

El porcentaje de cobertura del suelo por material combustible fue, en promedio, del 95%. De éste un 71% correspondió al mantillo y material leñoso ligero (clases de 1h, 10h y 100h) y un 24% al material leñoso pesado (1000h) (Fig. 2a). No se registraron diferencias entre ejidos, antes de quemar. Después de la quema, en San Mateo se halló un 23% de mantillo remanente, mientras que en Juan Gil la medición registró un consumo total del mantillo por la quema (Fig. 2b).

V.4.3. Abundancia por categoría de combustible.

Las clases de combustible leñoso más abundantes antes de la quema, fueron las de 1000h y 100h, con valores de 34% y 31% respectivamente para el ejido de San Mateo, y 64% y 14% para el ejido de Juan Gil (Fig. 3a). A excepción de la clase de combustible pesado podrido, todas las categorías de combustible presentaron marcadas diferencias entre los dos ejidos: San Mateo tuvo una mayor proporción de combustibles ligeros y Juan Gil mostró un mayor porcentaje de combustible pesado. Una vez ocurrida la quema, esas mismas clases de combustible volvieron a ser las más importantes con promedios de 27% la clase de 1000h y 29% para la de 100h en San Mateo mientras que en Juan Gil la categoría de 1000h representó el 34% y la de 100h un 24% (Fig. 3b). Después de la quema, las proporciones de combustibles no presentaron diferencias entre ejidos a excepción de la clase de 1h que fue menor en San Mateo (Fig. 3b). El nivel de las varianzas de estos datos aumentó en el muestreo postquema.

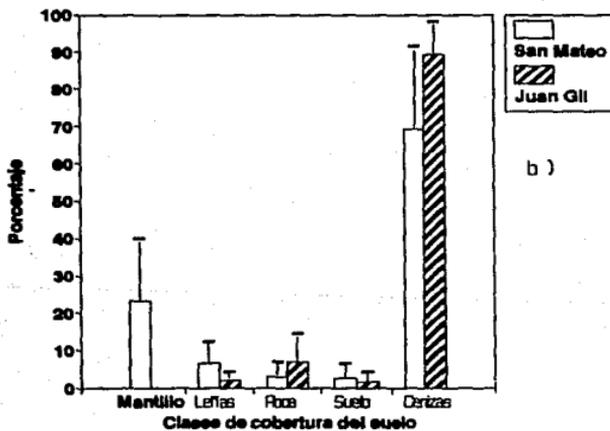
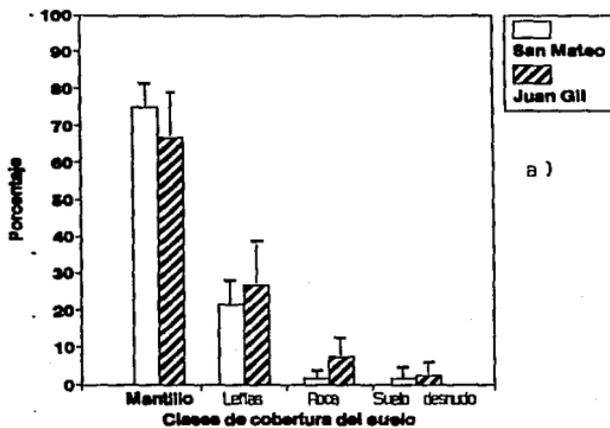


Fig. 2. Clases de cobertura del suelo, por ejido. a) prequema y b) postquema ($\% \pm$ I.C. 95%)

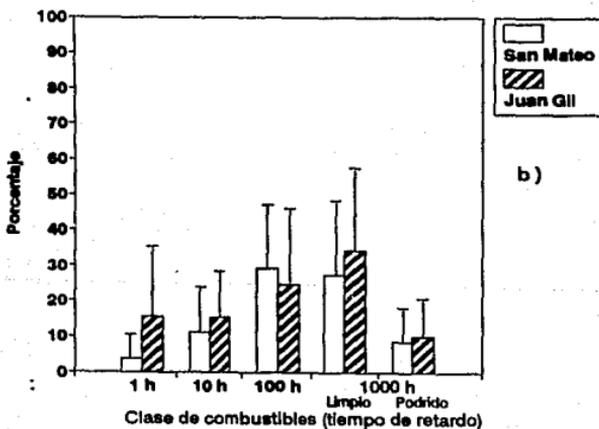
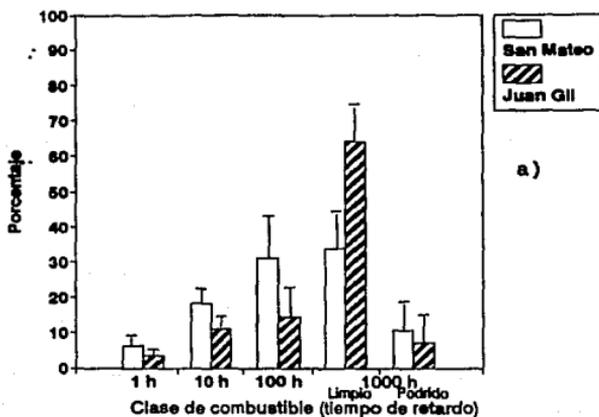


Fig. 3. Clases de combustible leñoso (tiempo de retardo), por ejido. a) prequemada y b) postquemada ($\% \pm$ I.C. 95%)

V.5. Biomasa de combustibles.

V.5.1. Densidad de la madera.

Los datos de densidad de la madera, se obtuvieron del trabajo de Barajas-Morales (1987), que lista los valores de gravedad específica para 110 especies arbóreas de Chamela. El rango de valores reportados fue de 0.16 a 1.3 (g cm^{-3}) con promedio de 0.79 g cm^{-3} , y una desviación estándar de 0.25. Este valor promedio se aplicó en las fórmulas para estimar la biomasa. En el caso del material podrido se calculó un valor de densidad de madera de 0.72. Se detalla la formulación de estos valores en el apéndice correspondiente.

V.5.2. Estimación de la biomasa.

La biomasa del material combustible leñoso, antes de la quema, fue de 130.5 t ha^{-1} (I.C. 95% = 36) en el ejido San Mateo y de 136.7 t ha^{-1} (I.C. = 26.3) en el ejido Juan Gil (Fig. 4a). La biomasa estimada del mantillo fue de 13.6 t ha^{-1} (I.C. = 1.6) en San Mateo y 15.6 t ha^{-1} (I.C. = 15.4) en Juan Gil.

Después de la quema, la biomasa combustible leñosa remanente fue de 56.5 t ha^{-1} (I.C. = 43.9) para San Mateo y 42.2 t ha^{-1} para Juan Gil (I.C. = 32.25) (Fig. 4b). El mantillo fue consumido con la quema, por lo que no fue posible efectuar la estimación de la biomasa de este material posterior al evento.

El promedio de biomasa del material combustible leñoso (\pm I.C. 95%) entre los dos ejidos, fue de $133.6 \pm 20 \text{ t ha}^{-1}$ antes de la quema y $49.3 \pm 25 \text{ t ha}^{-1}$ postquema (Fig. 5.).

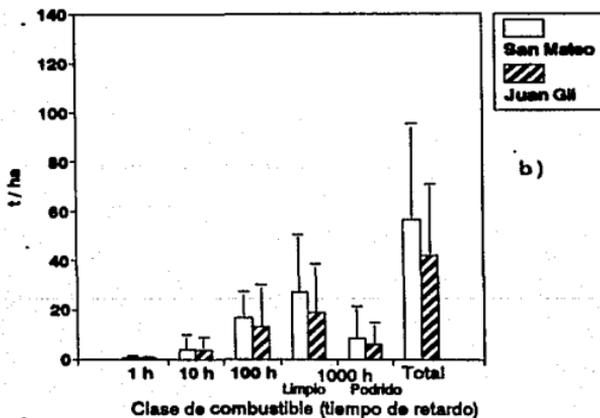
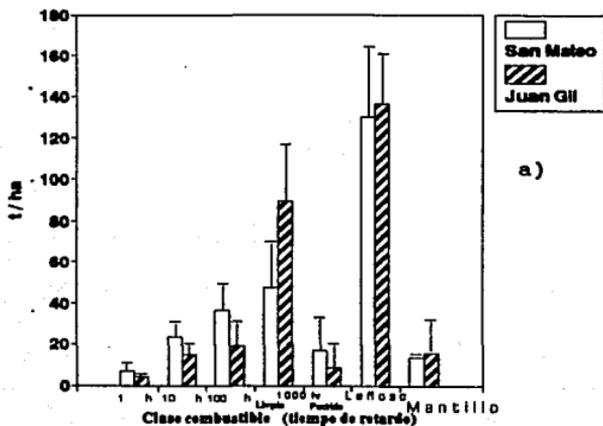


Fig. 4. Biomasa combustible, por categorías y total ($t\ ha^{-1}$) promedio \pm I.C. 95%, en cada uno de los ejidos a) prequema, incluye clases de material leñoso y el mantillo. b) postquema, sólo material leñoso.

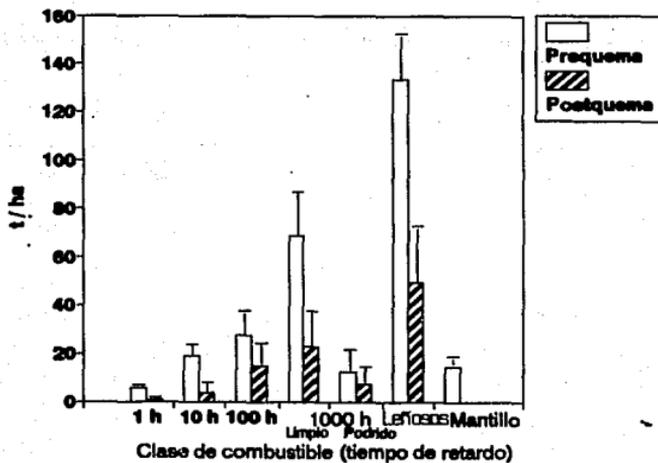


Fig. 5. Biomasa combustible ($t\ ha^{-1}$; promedio de ejidos $\pm I.C.95\%$) por clase de combustible, antes y después de la quema.

V.6. Consumo del material combustible y depositación de cenizas.

Los factores de consumo de los combustibles leñosos totales promediaron 61% (I.C.= 17) en San Mateo y 60% (I.C.= 13) en Juan Gil (Fig. 6.) y no se encontraron diferencias entre los ejidos. La clase de combustible que presentó el mayor porcentaje de consumo fue la de 1h con un 91% (I.C.= 8.5)(Fig. 6). Las categorías de combustibles leñosos ligeros en conjunto (1h, 10h y 100h) promediaron un factor de consumo de 74% .

Inmediatamente después de la quema, el porcentaje del suelo cubierto por cenizas fue del 79% (Fig. 2b).

La profundidad de la capa de cenizas sobre el suelo se midió inmediatamente después de la quema y seis semanas después de dicho muestreo. El porcentaje de pérdida de cenizas tuvo un promedio total del 71% (D.E.=25) (Tabla 6.).

	LaVista 1		LaVista 2		Juan Gil 1		Juan Gil 2	
	% P	D.E.	% P	D.E.	% P	D.E.	% P	D.E.
T1	78	29	91	13	44	39	76	33
T2	30	34	93	22	47	34	70	34
T3	100	0	100	0	61	43	40	40
T4	100	0	92	18	39	37	89	15
T5	-	-	100	0	33	37	72	42
Promedio pérdida	% P	D.E.	Promedio pérdida	% P	D.E.			
San Mateo	87	22	Juan Gil	57	19			
Promedio de pérdida			% pérdida		Desv. Std.			
Total			71		25			

Tabla 6. Porcentaje de pérdida de cenizas (% P) y desviación estándar (D.E.), a partir de la profundidad medida por transecto (T) en las cuatro parcelas, inmediatamente posterior a la quema y un segundo registro posterior (44 días San Mateo, 62 días Juan Gil). Incluye promedios por ejido y el promedio global.

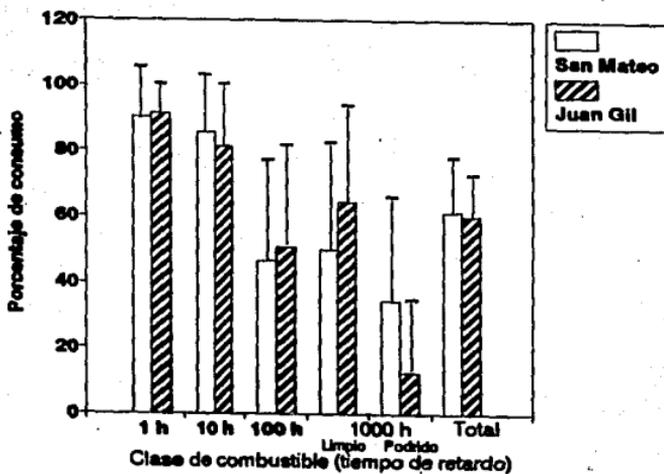


Fig. 6. Porcentaje de consumo de los combustibles leñosos, promedio \pm I.C. 95%; por clase de combustible, por ejido.

VI. DISCUSSION

VI. DISCUSION

En el caso particular del estudio en Chamela, se entendió como manejo del fuego, el uso que los campesinos hacen de esta herramienta en el marco del sistema agrícola de roza, tumba y quema. Se consideró muy importante el informar acerca de los criterios y recursos que determinan las labores del campesino, de tal forma que al registrarlos junto con las variables que influyen en el manejo, tales como el clima, el tipo de terreno, o las propiedades del material combustible, se completara la descripción del mecanismo de transformación de la selva baja.

La importancia de representar en la investigación las prácticas de manejo, conforme al modo en que son ejecutadas por los agricultores, está ejemplificada en el trabajo experimental de Jordan (1989) sobre roza, tumba y quema, efectuado en San Carlos de Río Negro, Venezuela. En él se menciona que se encargaron las labores a trabajadores locales bajo la supervisión de un agricultor experimentado, para asegurar que las operaciones se efectuaran conforme a la práctica local.

En comparación, el presente estudio hace un mayor énfasis en la descripción de las características particulares del sistema en Chamela, al trabajar directamente en las parcelas que desmontaron los campesinos, como normalmente lo hacen, contemplando las variaciones correspondientes a las circunstancias existentes en el momento y lugar del manejo actual.

Las limitaciones debidas a la escasez de recursos económicos, a la legislación agraria (e.g., permisos de desmonte,

otorgamiento de créditos) y a la dificultad de predicción de las condiciones climáticas, influyen en el sistema de manejo ejercido por cada campesino en Chamela. Tal influencia puede no ser contemplada por los estudios de modelación, si se desatiende el análisis estricto de la práctica campesina y la diversidad de los factores involucrados. Se considera que es necesario dar relevancia a proponer soluciones prácticas y adecuadas a tales limitaciones.

VI.1. Descripción del trabajo de roza y tumba de la vegetación.

El proceso de roza y tumba constituye la parte más importante de la preparación del evento de quema con que se completa el desmonte, ya que la preparación previa a la quema puede producir un consumo más eficiente de los combustibles, entendiendo como el objetivo del empleo del fuego la limpieza de la parcela.

La información obtenida de las entrevistas a los ejidatarios y de las observaciones en campo, mostró que la eficiencia del trabajo de roza y tumba puede variar según la disponibilidad de recursos económicos y de tiempo con que cuenta el campesino. Ello determina el esfuerzo que implican las labores para el agricultor, por ejemplo, en lo que se refiere a reducir el tamaño de las piezas combustibles, o distribuirlas sin apilamientos.

En tal sentido, el mejor trabajo de roza y tumba, sería el que permitiera distribuir más homogéneamente los combustibles ligeros (hojarasca, ramillas y ramas delgadas), los cuales sustentan la propagación, evitando que queden espacios sin

cobertura en los que se detenga el fuego. Por otro lado, de esta manera se podrían evitar apilamientos del combustible.

La práctica de apilamiento del material, con el fin de mejorar la eficiencia de la quema, tiene varias consecuencias: genera altas temperaturas superficiales y heterogeneidad en la fertilidad del suelo por la concentración de cenizas y puede producir condiciones locales de alcalinidad y grandes pérdidas de nitrógeno (Andriessse & Koopmans 1984).

Desde otro punto de vista, el hecho de que se consiga quemar totalmente el material combustible, puede tener mayores efectos dafinos para el suelo, al provocar una mayor volatilización de nutrientes (Kauffman et al. 1991). Lo anterior obliga a considerar que el sentido de las propuestas fue a aminorar los efectos negativos del fuego en el ecosistema.

VI.2. Descripción del proceso de quema.

Aparentemente, el campesino utiliza el fuego con nociones empíricas respecto a su propagación y a cómo mantenerlo, principalmente en referencia a la influencia de las corrientes de viento, la marcha de la temperatura ambiente durante la quema y la baja humedad de los combustibles. En el ejido Juan Gil Preciado, un campesino que ha trabajado en el lugar por 25 años (Sr. Antonio Sánchez), realizó la quema mucho antes que los demás - el 17 de abril en comparación con el 3 de mayo en el caso de San Mateo -, de acuerdo con los dictados de su experiencia personal. Es posible que la eficiencia de esta quema en Juan Gil sea efecto de un "manejo experimentado", al cual compensó el

hecho de tratarse del sitio con menor tiempo de secado de los combustibles y de la relativa escasez de recursos económicos del campesino. En estudios posteriores habría que considerar esta variedad de manejo del fuego. Es decir, suponer que existen diferencias en el ejercicio de la quema entre campesinos de una misma localidad, ya sea por su mayor experiencia, ó distinto origen migratorio particularmente en el caso de Chamela.

La importancia de factores externos al sistema de manejo, como las reglamentaciones institucionales, se descubre por ejemplo, en el hecho de que, quizá como resultado del extensionismo, se nota un lenguaje común del campesino con el de los métodos sugeridos por la Secretaría de Agricultura (SARH), en cuanto a la técnica y las precauciones en el uso del fuego. Si bien no se apreció que fuera aplicada en la práctica, esta influencia podría notarse a mediano plazo resultando en la modificación del proceso de quema (e.g., en la elaboración de guardarrayas, o en generalizar el uso de alguna técnica de quema específica). Las respuestas de los campesinos a las entrevistas sugieren que los agricultores escucharon con mucha atención, aquellos aspectos del extensionismo acerca de cuándo el fuego es más intenso y consume más material, que es lo que realmente tiene interés para ellos. Por otra parte, desestimaron recomendaciones sobre cuándo quemar con menos riesgo de incendios, puesto que en la zona hay evidencias de que el fuego no se propaga hacia el interior de la selva no perturbada, que se encuentra en terrenos adyacentes a los sujetos al desmonte.

En referencia al clima como otro factor externo que influye sobre los sistemas de manejo (en particular la impredecibilidad de la precipitación), el año de 1991, en que se realizó este estudio en Chamela, la cantidad de precipitación y la distribución de los eventos de lluvia indicaron que se trató de un año seco (García-Oliva *et al.* 1991). Tales condiciones de sequía podrían resultar significativas con respecto a la tasa de pérdida de humedad del material combustible, y facilitar así la eficiencia de la quema. En relación con esta aseveración se encuentra, que el alto nivel de combustión reportado para quemas de desmonte en un ecosistema similar de Brasil, pudo ser resultado de la combinación de una larga estación de secas y de la acumulación de los combustibles finos (Kauffman *et al.* 1991).

VI.3. Evaluación del material combustible.

El método empleado para estimar la biomasa de combustibles fue el de intersecciones planares (Brown 1971, Brown & Roussoupoulos 1974, Kauffman *et al.* 1988, Kauffman com. per.). Este método aportó una variedad de ventajas para el estudio de los combustibles: la estimación del factor de consumo del material combustible fue posible en virtud de su medición antes y después de la quema en transectos fijos; hizo posible clasificar la biomasa del material en componentes basados en la tasa de pérdida de humedad, que al mismo tiempo tiene relación con la susceptibilidad a la combustión, el comportamiento del fuego, la concentración de nutrientes y otros parámetros ecológicos (Kauffman com. per.).

El promedio de biomasa combustible leñosa total estimada, para la selva baja caducifolia desmontada en los ejidos de Chamela (133.6 t ha^{-1}), se encuentra dentro del rango reportado para diversos tipos de vegetación tropical de Venezuela ($13 - 253 \text{ t ha}^{-1}$ Kauffman *et al.* 1988) y por arriba de la reportada para los bosques mixtos de coníferas en la Sierra Nevada, EEUU ($75 - 117 \text{ t ha}^{-1}$; Kauffman & Martín 1989). La biomasa fue significativamente mayor que la reportada para otra selva baja caducifolia en Brasil (63 t ha^{-1} ; Kauffman *et al.* 1991). Asimismo, en Chamela el porcentaje promedio de la categoría de combustible de 1000 h (diámetro mayor a 7.5 cm) fue del 58%. En contraste, esta clase de material comprendió menos del 10% de la biomasa epígea en el bosque tropical decídúo estudiado en la Caatinga noroccidental brasileña (Kauffman *et al.* 1991). Esto se debe probablemente a que las parcelas de Brasil eran de vegetación secundaria con árboles delgados, en tanto que las parcelas de Chamela tenían vegetación no perturbada.

En un bosque tropical húmedo del oriente amazónico estos combustibles leñosos constituían el 77% de la biomasa epígea (Uhl & Kauffman 1990). La representación de los combustibles de la categoría de 1000 h en la biomasa de derribo parecen reflejar la naturaleza del bosque antes de la perturbación, según se observa en el gradiente mencionado arriba. Dado que esta clase de material presenta la menor susceptibilidad a la combustión, es posible suponer que en las selvas bajas, donde su representación proporcional es menor, en comparación con las selvas húmedas, se

encontrarían mayores porcentajes de consumo de la biomasa total (Kauffman *et al.* 1991). Los valores estimados en el presente trabajo, resultan altos en comparación con los obtenidos para Chamela por Martínez-Yrizar *et al.* (1992) de 85 t ha^{-1} de biomasa aérea y por Castellanos *et al.* (1991 que estimaron 73.6 t ha^{-1} de biomasa epigea a la que se sumaron 31 t ha^{-1} de biomasa radicular, dando un total de 104.6 t ha^{-1} , para una selva cercana a los ejidos en donde se desarrollo este estudio. Esta diferencia entre los resultados obtenidos por el método de intersecciones planares sobre la vegetación derribada y las estimaciones por el método de cosecha y secado de la biomasa aérea usado en los trabajos mencionados arriba, puede deberse a que con el primero se obtienen valores relacionados al peso fresco de la biomasa.

Aparentemente el ecosistema en Chamela, está exento de desastres naturales por fuego, debido a una combinación de características que impiden su propagación dentro de la selva no perturbada, tales como el contenido de humedad de los tejidos vegetales y la baja continuidad horizontal de material en susceptible a la combustión, como es el mantillo, que tiene una alta capacidad para conservar humedad y cubre el piso de la selva (García-Oliva com. per., Patiño 1990). Sin embargo, es necesario prevenir que dichas condiciones, se vean modificadas por un mal manejo del fuego, en los terrenos convertidos a pastizales y en los fragmentos de regeneración sucesional, como se reporta para distintas regiones del bosque tropical de Sudamérica y Asia (Uhl & Buschbacher 1985).

Igualmente, al incrementarse la fragmentación de reservas de selvas no perturbadas, podría aumentar la probabilidad de incendios debido a que el microclima en el borde de las selvas es más seco y caliente.

VI.4. Importancia del período de tumba con respecto a la intensidad del fuego y la eficiencia de la quema.

En la Caatinga de Brasil, región de bosque seco tropical decíduo, se derriba la vegetación al inicio de la temporada de sequía, antes de que ocurra la abscisión de las hojas (Kauffman *et al.* 1991). En Chamela, los árboles son tirados cuando se han cumplido desde 1 hasta 5 meses de comenzada la sequía. Este patrón de tumba tiene dos importantes consecuencias: 1) las hojas sufren abscisión antes de la tumba y 2) la madera de los troncos y las ramas tiene distintos tiempos de secado antes de la quema. La carencia de hojas en el dosel caído puede disminuir la intensidad y la propagación del fuego y el consumo de la biomasa.

El mantillo y el material leñoso ligero son las clases de combustible que sustentan la combustión y la propagación del fuego. La proporción en que se presentan las distintas clases de material combustible podría influenciar el comportamiento del fuego durante la quema, en el supuesto de que, si la cantidad de combustibles ligeros no es lo suficientemente grande, el material leñoso pesado no alcanzará a tomar fuego antes de que el mantillo se consuma, reduciéndose la eficiencia de la quema. Los factores de combustión resultaron equivalentes en las quemas de los dos ejidos, a pesar de que los porcentajes de las clases de

combustibles ligeros antes de la quema eran relativamente menores en Juan Gil que en San Mateo. Ello sugiere que existen diversos factores participando en el proceso de quema, como fuerzas que se oponen y compensan entre sí, y modificando las predicciones de los modelos, que los desestiman.

La hipótesis surgida del presente proyecto, suponía que habría diferencias en la eficiencia de la quema entre los dos ejidos ya que la vegetación había sido derribada en distintos periodos de la sequía. El porcentaje de consumo del material leñoso combustible, sin embargo, indicó que no hubo diferencias entre los dos ejidos.

Existen varias posibles explicaciones de ello:

1a. Que los tres meses de secado del material tumbado "tardíamente" son suficientes para permitir su combustión al mismo nivel que el material que fue derribado seis meses antes de la quema. Para confirmar esto sería preciso determinar las tasas de pérdida de humedad del combustible. Uhl et al. (1988) reportan que el factor limitante para la existencia de incendios en los bosques tropicales, es la humedad del material combustible y no la biomasa, ni la química del mismo. En su sitio de estudio, dos comunidades de dosel abierto y baja estatura y a pesar de tratarse de una región de alta humedad en el Amazonas (Uhl et al. 1988), encontraron que los combustibles finos alcanzaron el equilibrio en su nivel de humedad tras cuatro días sin lluvia.

2a. Que las variables climáticas en el momento de la quema (e.g. velocidad y dirección del viento, humedad relativa,

temperatura ambiental e insolación), sean las que determinen el comportamiento del fuego y por tanto la combustión efectiva del material vegetal, independientemente de su humedad, dado cierto nivel de secado. Si bien se considera que se requiere monitorear los datos de clima con métodos sistemáticos, para analizar apropiadamente las correlaciones entre su variación y la de los parámetros de comportamiento del fuego, al presenciar las quemas se observó que factores como la velocidad y dirección del viento, así como la temperatura (tabla 4), influían en la propagación del fuego (tabla 5), la cual es determinante en la intensidad y la eficiencia de la quema. En este sentido, los intervalos de los indicadores estimados en este estudio, (i.e. longitud de llama, velocidad de propagación), caracterizarían a las quemas en Chamela como de baja a moderada intensidad (Alexander 1982).

El factor de combustión de los combustibles ligeros excede normalmente el 85% (Kauffman *et al.* 1991).

En Chamela, los combustibles ligeros tuvieron un porcentaje de consumo del 74%. El porcentaje de consumo de la biomasa total fue, en promedio, del 61%, mientras que en un estudio experimental en una selva baja secundaria, el consumo de la biomasa total fue superior al 85% (Kauffman *et al.* 1991). Esta diferencia se puede deber a que en dicho estudio se realizaron quemas experimentales controladas, mientras que en Chamela las parcelas fueron quemadas de acuerdo a la práctica normal de los campesinos, que no implica control de muchas variables, ni el empleo de técnicas de quema especiales.

Se comentan a continuación dos condiciones que pueden haber intervenido en los resultados de la eficiencia de la quema:

a. En los diversos ecosistemas forestales, la existencia de una capa superficial continua de combustibles finos, es necesaria para sostener la ignición y la propagación del fuego. El tipo de cobertura del piso de la selva puede proveer tal componente (Kauffman et al. 1988).

La distribución horizontal del material combustible define la propagación del fuego, en cuanto a si el mantillo forma o no, una alfombra continua que alimente al fuego y promueva la conducción del calor hacia las clases de combustible mayores, hasta provocar el consumo del material leñoso más pesado. Los datos de Martínez-Yrizar (1992) para la selva no perturbada en Chamela, indican una alta producción anual de hojarasca. Este componente constituye, precisamente, el material de propagación indispensable para el fuego. A pesar de que el 70% de la cobertura del suelo lo constituían el mantillo y material leñoso ligero, aparentemente la presencia de espacios de suelo desnudo o roca (> 5%), puede determinar que se detenga la propagación de un fuego incipiente o de baja intensidad, e incluso provoque su extinción, como fue observado en las quemas. Esto podría explicar, la baja eficiencia de quema registrada. La relativa heterogeneidad en la distribución del combustible, afectaría el comportamiento del fuego.

b. La orientación de la ladera y la conformación del terreno (i.e. variación topográfica) en la parcela son también

importantes en el comportamiento del fuego. La orientación de la ladera, implica diferencias en la temperatura ambiente y del suelo, así como en la incidencia del viento. La quema del 12 de mayo sobre la parcela -La Vista 1- en el ejido San Mateo, que fue la que presentó valores de comportamiento de fuego más bajos (tabla 5), se realizó en la parte de la parcela que estaba a cubierto del viento (orientación N) y en el pie de la ladera con pendiente menor al 10%

Las otras cuatro parcelas estudiadas presentaban orientación sur, de cara al viento. Con respecto a la conformación del terreno, la variación en la pendiente del terreno afectan la propagación del fuego. Asimismo, la alta pedregosidad de las zonas de cresta en las laderas, puede significar un distinto comportamiento del fuego. García-Oliva (1992), sugiere considerar las diferentes unidades de relieve en el análisis eco-geográfico de las cuencas hidrológicas, en el contexto del manejo de laderas. De manera semejante, al observar las quemas en las colinas, podrían encontrarse diferencias en los parámetros de comportamiento del fuego, entre los pies de ladera relativamente planos, la zona de pendiente pronunciada, la cresta pedregosa y las partes altas de la ladera generalmente de menor pendiente.

Las diferencias en la intensidad y eficiencia de la quema producidas por la heterogeneidad de la superficie del terreno, pueden tener implicaciones en la variación de los efectos del fuego a lo largo del terreno.

Por otra parte, la elevada variación asociada a los valores de biomasa combustible (en particular para la clase de 1000h), aparentemente está relacionada con el reducido número de transectos por unidad de superficie.

Sería necesario intensificar el esfuerzo de muestreo para reducir la variación y tener mayor certeza acerca de las consecuencias del derribo de la vegetación en diferentes épocas, en cuanto al porcentaje de consumo del material.

VI.5. Consecuencias de la quema sobre la fertilidad del suelo.

La pérdida de nutrientes asociada a las prácticas de roza, tumba y quema, puede influenciar negativamente la productividad del suelo a largo plazo, cuando el período de descanso que sigue a la fase de cultivo no es suficiente para restaurar los niveles de concentración de nutrientes originales, antes de que se reinicie el ciclo (Kauffman *et al.* 1991).

Las tres vías principales para la pérdida de nutrientes debidas a la roza, tumba y quema incluyen: 1) el retiro de madera antes de la quema, 2) las pérdidas atmosféricas durante la combustión, y 3) la erosión y pérdidas por lixiviación postquema (Kauffman *et al.* 1991, Maass *et al.* 1988, García-Oliva 1992).

En el caso de Chamela, los campesinos no retiran cantidades significativas de madera tras el derribo de la vegetación, dado que optan por dejar en pie, dentro de la parcela desmontada, aquellos individuos de especies que pueden resultarles de utilidad en el futuro. Este hecho puede explicarse por las regulaciones forestales, que prohíben extraer maderas comerciales

de aquellos terrenos de selva que no hayan adquirido un permiso para la explotación formal de madera, lo cual normalmente es ajeno a los intereses de los ejidatarios dedicados a la agricultura de subsistencia y principalmente a la cría de ganado. De tal forma, no se considera que existan pérdidas de nutrientes significativas debidas a la exportación de material leñoso antes de la quema en Chamela. Esto contrasta con las 6 t ha^{-1} que se pierden por esta causa en una selva similar (Kaufman *et al.* 1991)

En la selva baja de Chamela, la caída de la hojarasca es una de las principales vías por la cual la energía y los nutrientes fluyen dentro del ecosistema. Los estudios muestran que la selva de Chamela produce en promedio $4.3 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de hojarasca, y con ella se aportan anualmente 170 kg ha^{-1} de calcio, 136 kg ha^{-1} de nitrógeno, 25 kg ha^{-1} de magnesio, 12 kg ha^{-1} de potasio, así como 3 kg ha^{-1} de fósforo (Martínez-Yrizar *et al.* 1992). La pérdida de nutrientes debida a la quema de la hojarasca en el desmonte puede, desde tal perspectiva, ser significativa.

La mayor concentración de nutrientes se encuentra en el follaje, mantillo y material leñoso fino (Kauffman *et al.* 1991). En Chamela, la biomasa combustible de las clases de 1, 10 y 100 h más el mantillo, representó aproximadamente el 50% de la biomasa epígea total. Estos componentes constituyeron menos del 30% de la biomasa epígea en una selva baja de Brasil, siendo los que contaban con el 60% de los bancos de N y P (Kauffman *et al.* 1991). En ambos sitios, el factor de consumo de estas categorías de combustible fue el más alto.

Esto sugiere que una cantidad importante de nutrientes puede perderse por volatilización y por la erosión de cenizas.

El intervalo de temperaturas de 150°C a 250°C en las quemas, significa la combustión de la mayor parte de los materiales orgánicos presentes en el suelo. Los cambios asociados en varias características de los suelos son causados por la desaparición de la materia orgánica, la liberación de cationes y la pérdida de material volátil. Las temperaturas máximas registradas por Kauffman *et al.* (1991) para un bosque tropical deciduo rebasaron los 800°C en la superficie del suelo y alcanzaron 316°C a 1 cm de profundidad, con variaciones relacionadas con el nivel de consumo de biomasa. En el presente trabajo las pérdidas de nutrientes por volatilización no se estimaron ya que la temperatura superficial del fuego no fueron medidas. Sin embargo, cálculos realizados para estimar la posible emisión de CO₂ a la atmósfera como consecuencia de la quema indican que las parcelas estudiadas emitieron alrededor de 12 t ha⁻¹ (Jaramillo com. per.).

Un efecto directo del fuego, es liberar al suelo de su cobertura protectora e inducir con ello la erosión. Mientras más intenso es el fuego, mayor es el riesgo de erosión (Maass *et al.* 1988). Con respecto a las pérdidas por erosión eólica postquema, en las parcelas de Chamela, el promedio del porcentaje de pérdida de cenizas fue de 70% seis semanas después de la quema, antes del primer evento de lluvia (Tabla 6). En el caso similar de Brasil, 17 días después del fuego, el 57% de las cenizas desaparecieron, como resultado de la erosión eólica (Kauffman *et al.* 1991).

El horizonte orgánico del suelo constituye una proporción mayoritaria de los combustibles totales en los bosques húmedos tanto templados como tropicales (Kauffman *et al.* 1988). Sin embargo, sus componentes varían: en el caso de los bosques templados el componente principal es la materia en descomposición, mientras que en las selvas húmedas están involucradas, en proporciones comparables, tanto la materia en descomposición como las raíces finas vivas. Una característica de la selva baja caducifolia de Chamela es el presentar sistemas radiculares distribuidos principalmente en los primeros 20 cm de profundidad (Castellanos *et al.* 1991). En el caso de las quemas en Chamela, no se encontraron raíces quemadas a profundidades de más de 5 cm, si bien no se determinó si habían sufrido daño por el aumento de temperatura, a excepción del caso de los tocones de árboles que fueron consumidos en su totalidad y que dejaban galerías relativamente profundas al carbonizarse las raíces.

Finalmente, los resultados de la estimación de biomasa se limitan al material combustible leñoso. Los combustibles no considerados incluyeron a las hojas en ramas y a la materia orgánica hipógea. Las hojas que no han sufrido abscisión en el momento del derribo, constituyen una categoría de combustibles poco significativa en la selva baja, dado que la tumba se realiza después de que la mayoría de los árboles pierden las hojas.

En condiciones de tumba diferentes puede ser necesario considerar este elemento combustible.

VII. PROPUESTAS Y CONCLUSIONES

VII. PROPUESTAS Y CONCLUSIONES.

VII.1. Propuestas.

A continuación se hacen varias propuestas para el manejo del fuego que surgen a partir del desarrollo del presente estudio:

- 1 - Para que la quema resulte más eficiente, sería necesario recomendar una distribución más homogénea de los combustibles ligeros, para favorecer la propagación del fuego y evitar apilamientos. Ello significaría dedicar esfuerzos a dirigir intencionalmente el derribo de los árboles, disminuir el tamaño de las piezas y distribuir la cobertura del mantillo. Se debe reconocer, desde otra perspectiva, que quemas de alta intensidad pueden tener efectos dañinos sobre el suelo y el ecosistema.
- 2 - Se hará necesario prevenir que las condiciones que exentan a la selva baja de la presencia de eventos de fuego desastrosos, se vean modificadas por un mal manejo de este elemento en los terrenos convertidos a pastizales y los fragmentos de regeneración sucesional. Esto involucra consideraciones acerca de las alternativas de explotación agroforestal y el manejo de desechos del aprovechamiento, así como el dar valor a ejercitar precauciones al efectuar las quemas.
- 3 - Con el objetivo de restaurar terrenos perturbados, puede plantearse la protección, en el momento del desmonte, de especies de la selva resistentes a la perturbación o de rápida regeneración, para promover el desarrollo de tales individuos y acelerar en las parcelas la regeneración natural, después de la fase de cultivo.

De la misma forma se propone incluir las siguientes ideas metodológicas en estudios posteriores acerca del tema:

- 1- Considerar la existencia de una "tradicón en el manejo del fuego" por parte de los agricultores experimentados, ó de diverso origen migratorio, pueda ofrecer informaci3n interesante acerca de los criterios más acertados para realizar quemas controladas.
- 2 - Se hace necesario registrar las tasas de pérdida de humedad de material derribado en el bosque tropical seco, en el contexto de la variación del clima y los tiempos de las distintas labores, así como considerar que en este ecosistema la diversidad vegetal puede implicar variaciones en la retención de humedad del material leñoso, lo que requerirá de muestreos más detallados a los usados en otros sistemas.
- 3 - En función de la variación involucrada en la manera en que el sistema de roza, tumba y quema es ejercido en distintas circunstancias (socioeconómicas y/o ecológicas), resulta importante intensificar el muestreo de los diferentes factores representativos, en particular en los sistemas donde estos estudios han sido poco atendidos.
- 4 - Se sugiere desarrollar la discusión de los aspectos socioeconómicos que influyen en las diferencias del manejo ejercido por los campesinos, en el sentido de orientar las investigaciones hacia el desarrollo de propuestas, que aminoren las limitaciones del aprovechamiento de los recursos naturales y aseguren la sustentabilidad de los sistemas de transformación de ecosistemas naturales, en terrenos agropecuarios y forestales.

VII.2. Conclusiones.

Los resultados del presente estudio permiten llegar a las conclusiones siguientes:

- a) Se destaca la importancia de representar en los estudios las practicas de manejo, conforme al modo en que son ejecutadas por los agricultores. Es necesario dar relevancia a las características particulares de cada sitio en el uso del fuego.
- b) Las limitaciones debidas a la escasez de recursos económicos, la dificultad de predicción de las condiciones climáticas y la legislación agraria, que influyen en el sistema de manejo ejercido por cada campesino, generan variación en el ejercicio y consecuencias de la roza, tumba y quema.
- c) No se encontraron diferencias en la eficiencia de quema entre las parcelas con distintos periodos de tiempo transcurridos, entre el derribo de la vegetación y la aplicación del fuego.
- d) Al relacionar la abundancia de los combustibles ligeros con los niveles de combustión del material vegetal, se presume que existe un elevado riesgo de pérdida de nutrientes por volatilización y erosión posterior de cenizas, que tendría consecuencias sobre la productividad del sistema a largo plazo.
- e) No se considera que existan pérdidas de nutrientes significativas debidas a la exportación de material leñoso antes de la quema en Chamela. Sin embargo, las pérdidas por erosión eólica postquema fueron comparables a las reportadas para un ecosistema similar de Brasil en magnitud y rapidez del proceso.

APPENDICE

A P E N D I C E

Conforme a los métodos empleados para la descripción del material combustible, se detallan a continuación las fórmulas de estimación de la biomasa, y la obtención del valor de densidad de la madera.

Fórmulas para la obtención del volumen de combustibles (Kauffman 1989)

Categorías 1, 10 y 100 h

$$\frac{\sum d^2 \times N \times S \times C \times d^2}{8L}$$

8L

categoría 1000 h

$$\frac{\sum d^2 \times \sum D^2 \times S \times C}{8L}$$

8L

siendo:

N = Número de partículas de combustible intersectadas (por categoría). Cada pieza de combustible que cruza el transecto lineal se representa como el corte de un cilindro cuyo diámetro corresponde a una de las categorías de clase de tamaño.

S = promedio de secantes de la inclinación de piezas (por categoría). Dado que el ángulo con el cual las piezas son intersectadas por la línea de muestreo, influye en la representación del diámetro a estimar, se registra una muestra de los ángulos de inclinación de las partículas sobre el terreno, para corregir a una base horizontal.

c = factor de corrección por pendiente (por transecto) según la fórmula:

$$c = \sqrt{1 + (\% \text{ pendiente}/100)^2}$$

d = cuadrática del promedio de diámetros (cm) (clases de 1, 10 y 100 h). Es la raíz cuadrada del promedio de una muestra de partículas de combustible, cuyo diámetro (elevado al cuadrado), se registra. Así, son eliminadas las desviaciones debidas a las partículas más grandes correspondientes a las categorías de combustibles ligeros.

$\sum D^2$ = Sumatoria de diámetros cuadrados (cm²) (categoría de 1000 h). A diferencia de los combustibles ligeros, esta categoría demanda la medición de el diámetro de cada pieza, la sumatoria de las cuales, es la que se aplica en la fórmula.

L = Longitud del transecto (cm) (por categoría)

1 h =	200
10 h =	200
100 h =	400
1000 h =	1200

20 líneas en total, 5 por parcela, 4 parcelas.

Para obtener un valor de densidad de madera, que se precisa en la aplicación de la fórmula de estimación de biomasa, al convertir el volumen en peso (Kauffman 1989), se consultó el trabajo de Barajas-Morales (1987) en el que se reportan los valores de gravedad específica de madera de 110 especies representativas de Chamela.

Gravedad específica (g cm ⁻³)	Promedio	0.78
n = 110	Desv. Std	0.24
Rango: 0.16-1.39	ErrorStd	0.002

Con el fin de justificar el empleo de un valor único de densidad se comparó con los datos reportados por Kauffman et al. (1988) para varios tipos de vegetación tropical (Tabla 1.).

Tabla 1. Gravedad específica de las partículas de combustible (promedio y error estándar) para seis tipos de vegetación (primarias y secundarias) en San Carlos de Río Negro, Venezuela (Kauffman et al. 1988).

Tipo de vegetación	Clase de Combustible			1000 h		Cociente Pod/Limp
	1 h	10 h	100 h	Limpio	Podrido	
Low Igapo	0.52	0.57	0.57	0.62	0.43	0.69
Bana	0.60	0.62	0.57	0.63	0.41	0.65
Tierra Firme dominantes	0.68	0.65	0.68	0.72	0.53	0.74
Tierra Firme diversa	0.61	0.54	0.58	0.57	0.48	0.84
Regeneración*	0.55	0.54	0.54	0.68	0.62	0.91
Caatinga *	0.55	0.47	0.47	0.61	0.55	0.90

Se calculó el promedio de la densidad de todas las clases combustibles para cada sitio de la tabla 1., así como la desviación estándar para observar la variación (Tabla 2.).

Tabla 2. Promedio de la densidad de madera para los tipos de vegetación reportados en la Tabla 1 ($g\ cm^{-3}$ y Desviación Estándar).

Tipo de Vegetación	Promedio	Desv. Estándar
Igapo bajo	0.54	0.07
Bana	0.57	0.09
Tierra Firme dominantes	0.65	0.07
Regeneración	0.60	0.06
Caatinga	0.54	0.05
Tierra Firme Diversa	0.56	0.05

La variación entre los promedios de la gravedad específica, para todas las categorías de combustible por cada tipo de vegetación, parece lo suficientemente pequeña como para justificar el empleo del valor promedio obtenido para Chamela, al no contar con un dato por categoría.

Para el caso del material podrido la densidad de la madera es menor. Se toma el promedio de los cocientes de los dos tipos de vegetación (*) comparables a Chamela y multiplicado por el valor de densidad promedio obtenido por Barajas(1987) se usa el resultado como densidad de madera correspondiente al material podrido:

$$0.91 * 0.78 = \underline{0.71}$$

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

Referencias citadas

- Adedeji, F.O. 1984. Nutrient cycles and successional changes following shifting cultivation practice in moist semi-deciduous forests in Nigeria. *Forest Ecology and Management*, 9(1984) 87-99; Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands.
- Aguirre, B. C. 1981. Efectos del fuego en algunas propiedades físicas de suelos forestales. Publicación especial No.5. Junio. DEISB, UACH. Chapingo, Edo. de Mexico.
- Alexander, M. E. 1982. Calculating and interpreting forest fire intensities. *Can. J. Bot.* 60:349-357.
- Andriessse, J.P. and Koopmans, T.Th., 1984. A Monitoring study on nutrient cycles in soils used for shifting cultivation under various climatic conditions in tropical Asia. I. The influence of simulated burning on form and availability of plant nutrients. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 12(1984/85) 1-16. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- Barajas-Morales, J. 1987. Wood specific gravity in species from two tropical forests in Mexico. *IAWA Bulletin n.s.*, 8(2). Rijksherbarium, Leiden, The Netherlands.
- Barajas, J. & L. A. Pérez. 1990. Manual de identificación de árboles de selva baja mediante cortezas. Cuad. del Inst. de Biología 6. UNAM
- Barney, R. J. et al. 1984. Fire management. In Wenger, K. F. (ed.) *Forestry handbook*. 2nd.ed. John Wiley & Sons. New York, USA.
- Brown, J. K. 1971. A planar intersect method for sampling fuel volume and surface area. *For. Sci.* 17(1):96-102.
- Brown, J. K. 1974. Handbook for inventorying downed woody material. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-16. Experiment Station Utah. USA.
- Brown J. K. & P. J. Roussopoulos. 1974. Eliminating biases in the planar intersect method for estimating volumes of small fuels. *For. Sci.* 20:4 350-356.
- Bullock, S. H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco, and trends in the south coastal region of México. *Arch. Met. Geoph. Biocl. Ser. B36*, 297-316.
- Byram, G. M. 1959. Combustion of forest fuels IN: Davis, K. P. (ed.) *Forest Fire: Control and Use*. McGraw Hill Co. New York. USA.
- Byram, G. M. 1963. An analysis of the drying process in forest fuel material.- Paper presented at the 1960 International Symposium on Humidity and Moisture, Washington, D.C.
- Cavalcanti, L.H., 1978. Efeito das cizas resultantes da queimada sobre a produtividade do estrato herbáceo subarbustivo do cerrado de Emas. Dsc. Thesis. Universidade de Sao Paulo. Sao Paulo.
- Castellanos, J., J.M. Maass & J. Kummerow. 1991. Root biomass of a tropical deciduous forest. *Plant and Soil.* 24:270-274.
- Chapman, S.B. 1967. Nutrient budgets for a dry heath ecosystem in the south of England. *Journal of Ecology* 55:677-89.

- Christensen, N.L. 1985. Shrubland Fire Regimes and their Evolutionary Consequences. Chapter 6. Dept. of Botany. Duke Univ. IN: Pickett, S.T.A. & P.S. White. 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press. U.K.
- Coutinho, L.M. 1979. The ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. Workshop Dynamic Changes Savanna Ecosystems. Kruger National Park.
- Crutzen, P. J. 1985. The role of the tropics in atmospheric chemistry IN: Dickinson, B. (ed.) Geophysiology, UNU Japan.
- Curtis, H. 1986. Biología. Ed. Medica Panamericana, Buenos Aires.
- Deeming, J.E., R.E. Burgam & J.D. Cohen. 1977. The national fire danger rating system - 1978.- USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-39, Ogden, UT.
- De-Ita, C. 1983. Patrones de producción agrícola en un ecosistema tropical estacional en la costa de Jalisco, México. 183 pp. Tesis de Lic. en Biología. Fac. de Ciencias. UNAM, México.
- García-Oliva, F. 1992. Erosión y pérdida de nutrientes del suelo en una cronosecuencia de uso agropecuario en un ecosistema tropical estacional mexicano. Tesis Doct. en Ecología. UACPyP-CCH Centro de Ecología, UNAM, México.
- García-Oliva, F., E. Ezcurra & L. Galicia. 1991. Pattern of rainfall distribution in the central pacific coast of Mexico. Geografiska Annaler. 73 A(3-4):179-186.
- Gómez-Pompa, A. 1985. Los recursos bióticos de México (reflexiones). INIREB/Ed. Alhambra Mexicana, México, D.F.
- Green, B. H. 1983. The management of herbaceous vegetation for wildlife conservation. IN: Way, J.M. (ed.) 1983. Management of vegetation. Proc. of a Symp. on the management of natural and semi-natural vegetation. Monograph 26:99-117. British Gov. Protection Council.
- Hernández, X. E. 1959. La agricultura IN: Los recursos Naturales del Sureste y su Aprovechamiento. Parte II, T.3(1); 1-57 Publ. Inst. Mex. de Rec. Renov. México.
- Holdridge, L. R., W. C. Grenke, W. H. Hatheway, T. Liang & J. A. Toai, Jr. 1971. Forest Environments in Tropical Life Zones: a pilot study. Pergamon Press Inc., Oxford, UK. 747 pp.11
- Howell, F.S. 1979. El hombre prehistórico. Colecc. de la naturaleza. Time-Life. México.
- ICONA. 1981. Técnicas para defensa contra incendios forestales. ICONA. Monografía 24. Madrid, España.
- Janzen, D. H. 1988. Tropical Dry Forest, The Most Endangered Major Tropical Ecosystem. pp 130-137. IN: Biodiversity. E. O. Wilson (ed.) National Academy Press, Washington, D.C.
- Jordan, C.F. 1989. An Amazonian Rain Forest. UNESCO, France.
- Kauffman, J. B., C. Uhl, & D. L. Cummings. 1988. Fire in the Venezuelan Amazon 1: Fuel Biomass and fire chemistry in the evergreen rainforest of Venezuela. Oikos 53:167-175.
- Kauffman, J. B., R. L. Sanford, Jr. & E. Sampaio. 1990. Fire in neotropical dry forest: carbon and nitrogen emissions. Abstr. of papers, presented at the Chapman Conference on Global Biomass Burning: Atmospheric, Climatic and Biospheric Implications. March 19-23, 1990. Williamsburg, VA.

- Kauffman, J. B., R. L. Sanford, Jr., D. L. Cummings, I. H. Salcedo & E. Y. S. B. Sampaio. 1991. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. (submitted for Ecology).
- Kauffman, J. B. 1989. Notes on the Planar Intercept Technique. Personal communication.
- Kauffman, J. B. & R. E. Martin. 1989. Fire behavior, fuel consumption, and forest-floor changes following prescribed understory fires in Sierra Nevada mixed conifer forests. *Can. J. For. Res.* Vol. 19.
- Lacey, C. J., J. Walker, & I. R. Noble. 1982. Fire in Australian Tropical Savannas, IN: Huntley, B.J. & B.H. Walker, (eds.) *Ecology of Tropical Savannas*, Springer-Verlag, New York.
- Lal, R. 1987. *Tropical Ecology and Physical Edaphology*. John Wiley & Sons.
- Lambert, J. D. H. & T. Arnason. 1978. Distribution of vegetation on Maya ruins and its relationship to ancient landuse at Lamana, Belize. *Turrialba*, 28, 33-41.
- López-Guerrero, A. 1992. Escorrentía en pequeñas cuencas hidrológicas con selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. Tesis Lic. en Biología, Fac. de Ciencias. UNAM. México.
- Lott, E.J., 1985. Listado Florístico de la Estación de Biología de Chamela. Instituto de Biología, UNAM. México.
- Maass, J. M., C. Jordan & J. Sarukhan. 1988. Soil erosion and nutrient losses in seasonal tropical agroecosystems under various management techniques. *Journal of Applied Ecology* Vol 25(2):595-607.
- Martínez-Yrizar, A. 1992. Biomass distribution, productivity and decomposition in tropical deciduous forest ecosystems. Accepted in: *Tropical Deciduous Forest Ecosystem*. Mooney, H., E. Medina & S. Bullock. (eds.) Cambridge Univ. Press.
- Martínez-Yrizar, A., J. Sarukhán. 1990. Litterfall in a tropical deciduous forest in Mexico. *Journal of Tropical Ecology*. 6:433-444.
- Miranda, F. y X.E. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 28:29-179.
- Mohr, E. C. J. & F. A. Van Baren. 1954. *Tropical soils*. Mouton. The Hague, Netherlands.
- Moureaux, C. 1959. Fixation de gaz carbonique par le sol, *Mém. Inst. Sci. Madagascar*. D.IX, 109-120.
- Mueller-Dombois, D. & H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley, N.Y. USA.
- Murphy, P. G. & A. E. Lugo. 1986. *Ecology of tropical dry forest*. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 17:67-88.
- NARTC (National advanced resource technology center). *Manual del Combate de Incendios Forestales*. Curso Internacional, 1990.
- Odum, E. P. 1980. *Ecología*. Interamericana. Mexico, D.F.
- Patino, M.C. 1990. Variación espacial y temporal de la capa de hojarasca (mantillo) en una selva baja caducifolia de Chamela, Jal. México. tesis de Licenciatura, Ciencias. UNAM

- Perry., J. P. et al. 1958. Efecto de la quema del monte sobre las propiedades químicas de un suelo de Campeche. Rev Chapingo. Vol. X. (65):165-168. México.
- Prichett, W. L. 1986. Suelos forestales. Limusa. México D.F.
- Pyne, S.J., 1984. Introduction to wildland fire: fire management in the U.S. John Wiley & Sons, New York.
- Raison, R. J. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations: a review (NSW). Plant soil, 51, 73-108.
- Reyes, R. 1980. Efecto del fuego sobre algunas características de un suelo Yaax-hom y la vegetación en Quintana Roo. Rev.Ciencia forestal 5(26): 15-41.
- Rodríguez T., D.A. 1988 Efecto de los incendios en los ecosistemas forestales. COCODER, México D.F.
- Rothermel, R. C. & J. E. Deeming. 1981. Measuring and interpreting fire behavior for correlation with fire effects. U.S. For. Serv. Gen. Tech. Rep. INT-93.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F.
- Sánchez, J. & G. Zerocero. 1983. Método práctico para calcular la cantidad de combustibles leñosos y hojarasca INIF, SARH.
- Setzer, A. W. & M. C. Pereira. 1990. Amazon biomass burnings in 1987 & their tropospheric emissions. Ambio (in press).
- Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1981. Biometry. W.H. Freeman & Co. NY.
- Spurr, S.H. & Barnes, B.V. 1980. Ecología forestal. AGT. México.
- Sreenivasan, A. & R. K. Aurangabadackar. 1940. Effect of fire heating on the properties of black cotton soil in comparison with those of gray and humus-treated soils. Soil Sci. 50.
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Toledo & C. González-Pacheco. 1989. La producción rural en México: alternativas ecológicas. Fundación Universo veintiuno, México.
- Trapnell, C. G., Friend, M. T., Chamberlain, G.T. & H. F. Birch. 1976. The effects of fire and termites on a Zambian woodland soil. J. Ecol. 64, 577-588.
- Uhl, C. & R. Buschbacher. 1985. A disturbing synergism between cattle ranch burning practices and selective tree harvesting in the eastern Amazon. Biotropica 17(4):265-268.
- Uhl, C., J. B. Kauffman & D. L. Cummings. 1988. Fire in the Venezuelan Amazon 2: Environmental conditions necessary for forest fires in the evergreen rainforest of Venezuela. Oikos 53:176-184.
- Uhl, C. & J. B. Kauffman. 1990. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. Ecology, 71(2).
- Van Wagner, C. E. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. For. Sci. 14(1).
- Vickery, M. L. 1987. Ecología de las plantas tropicales. Limusa. México, D.F.
- Viro, P. J. 1974. Effects of forest fire on soils IN: T. T. Koslowski & C.E. Ahlgren (eds.) Fire and Ecosystems, Academic Press, New York.
- Wehrmann, J. & W. Johannes. 1965. Effects of 'guie' on soil conditions and plant nutrition. Afr. Soils. 10, 129-145.

Bibliografía adicional consultada

- Broido, A. & M. Nelson. 1964. Ash content: its effect on combustion of corn plants. *Science* 146:652-653.
- Brown, J. K. & N. V. DeByle. 1989. Effects of prescribed fire on Biomass and Plant Succession in Western Aspen. USDA Forest Service Intermountain Research Station. Res. Paper INT-412.
- Covington, W. W. & S. S. Sackett. 1984. The effect of a prescribed burn in Southwestern Ponderosa Pine on organic matter and nutrients in Woody debris and forest floor. *Forest Sci.* Vol. 30 No. 1. pp.183-192.
- De-Ita, C. & V.L. Barradas. 1986. El clima y los patrones de producción agrícola en una Selva Baja de la Costa de Jalisco, México. *Biótica* 11(4):237-245.
- Doat, J. & J-C. Valetti. 1980. L'inflammabilité de quelques bois tropicaux. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*. n°194.
- Doat, J. 1977. Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, n° 172.
- FAO/ONU. 1965. Viaje de estudio. Coníferas latinoamericanas. FAO/ONU. Mexico, D.F.
- Fischer, W. 1987. The Fire effects Information System. IN: Gen. Tech. Rep. PSW-101 Berkeley, CA. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, USA. Department of Agriculture, pp 128-135.
- Hudson, J. & Salazar, M. 1981. Las quemas prescritas en los pinares de Honduras. Pub. Misc. ESCINAFOR/COHDEFOR. Siguatepec Honduras.
- Harold, W. H.jr. 1984. Introducción a la Biología Forestal. AGT. Mexico, D.F.
- Hay, R. L. & M. D. Leakey. 1982. The Fossil Footprints of Laetoli. *Scientific American*, February, 50-57.
- Gómez-Pompa, A. & Vazquez-Yañez, C. 1979. Estudios sobre sucesión secundaria en los trópicos cálido-húmedos: el ciclo de vida de las especies secundarias. IN: Gómez-Pompa et al. 1979 *Regeneración de Selvas*. INIREB/CNEB. Xalapa, Ver.
- Lugo, A.E. & P.G. Murphy. 1986. Nutrient dynamics of a Puerto Rican subtropical dry forest. *J. Trop. Ecology*. 2:126 - 132.
- Maass, J. M. & A. Martínez-Yrizar. 1990. Los ecosistemas: Definición, origen e importancia del concepto. IN: Soberón, J. & C. Bonfil (eds.) *Ecología y Conservación*. Núm. esp. de la Revista Ciencias. 4:10-20.
- Maass, J. M. & F. García-Oliva. 1990. La Conservación de Suelos en Zonas Tropicales: el caso de México. *Ciencia y Desarrollo*. Vol XV(90):21-26.
- Mitsudera, M., Y. Kamata & K. Nakane. 1984. Effect of Fire on water and major nutrient budgets in forest ecosystems. III. Rainfall interception by forest canopy. *Jap. J. Ecol.* 34: 15-25.
- Murphy, P. G. & A. E. Lugo. 1986. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico. *Biotropica* 18:89-96

- Ojima, D. S., W. J. Parton, D. S. Schimel & C. E. Owensby. 1990. Simulated impacts of annual burning on Prairie Ecosystems. IN: Fire in North American Tallgrass Prairies, eds. Collins, L. S. & L. L. Wallace. Univ. of Oklahoma Press.
- Owen, O. 1984. Conservación de recursos naturales, Ed. Pax-México. México, D.F.
- Peterson, D. L. & K. C. Ryan. 1986. Modeling postfire conifer mortality for Long-range planning. Environmental Management. Vol. 10, No. 6 pp 797-808.
- Rodriguez, D. A. 1989. Evaluación de los combustibles forestales en las zonas de protección extensiva e intensiva a cargo de la COCODER, México D.F. Disertación presentada para ingresar a la Academia Nacional de Ciencias forestales, A.C.
- Rzedowski, J. & G. Rzedowski. 1981. Flora fanerogámica del Valle de México. CECSA, México, D.F.
- Show, S. B. & B. Clarke. 1953. La lucha contra los incendios forestales. FAO. Roma, Italia.
- Vitousek, P. M. 1984. Litterfall, nutrient cycling & nutrient limitation in tropical forests. Ecology 65:285-298.
- Vogl, R. J. 1977. Fire: a destructive menace or a natural process IN: J. Cairns, K.L. Dickson & E.E. Herricks (eds). Recovery and Restoration of Damaged Ecosystems, Univ. Press of Virginia, Charlottesville.
- Vogl, R.J., 1974. Effects of fire in grasslands; IN: T. T. Koslowski & C. E. Ahlgren (eds.) Fire and Ecosystems, Academic Press, New York.
- Washburn, S.L., 1978. The evolution of Man. Scientific American, september 1978, 194-208.

RECONOCIMIENTOS

La lista de personas involucradas directa o indirectamente en las labores de esta tesis, comienza con los ejidatarios que me brindaron mucho más que el permiso de trabajar en sus parcelas y la invaluable confianza de responder a mis preguntas y ofrecer su hospitalidad, estoy comprometido con ellos: el Sr. Ramiro Peña, el Sr. Antonio Sánchez, el Sr. Arnoldo Magaña, el Sr. Eusebio Martínez y sus respectivas familias, y a todos los campesinos que nunca dejaron de responder cordialmente a mi saludo.

Agradezco la magnífica buena disposición de los cinco sinodales, que revisaron con paciencia el trabajo y favorecieron con sus comentarios que adquiriera la mejor forma posible. He aprendido de cada uno, una cierta perspectiva de este quehacer al que me estoy dedicando. Al Dr. Víctor Jaramillo Luque por dirigir el estudio y al estudiante, por otorgarme una amistosa confianza que me ha significado una gran tranquilidad y ha alimentado siempre el entusiasmo. Al Dr. Manuel Maass por permitirme participar durante estos cuatro años en el Proyecto de Chamela, el sentimiento de pertenencia a tal grupo de investigación ha sido una experiencia muy estimulante y formativa. Al Dr. Felipe García-Oliva le debo: una apuesta, varias respuestas de examen y una dinámica forma de ver a la Biología desde el punto de vista de la Geografía, al contrario de la idea que me quedó por aquel buen libro de Saint Exupery., gracias por una exaltada amistad y el ánimo incansable de compañerismo. El trabajo en campo con los tres ha servido para mucho más que "forjar el espíritu".

A María de Jesús Ordóñez se debe mucho de la forma explícita en que veo ahora el manejo de los datos, sobre todo de las labores campesinas, agradezco mucho sus recomendaciones para la exposición final de la tesis. Julia Carabias me ha obsequiado con diversos elementos para materializar la inquietud que involucra trabajar en relación con las personas que viven de las labores campesinas. La mejor manera que encuentro para expresar mi agradecimiento para con todos ustedes, la constituye el propósito de mantener este enriquecedor vínculo académico y amigable.

El estupendo personal de la Estación de Biología de la UNAM en Chamela, por su indispensable apoyo, merece una mención aparte al enumerar los motivos por los que me hallo comprometido con tan incomparable sitio de trabajo: Doña Eva y Doña Helena, Don Nacho, Felipe Noguera y Alicia, Ricardo Ayala, Enrique y su esposa, el Sr. Vidrios, Marcelino, Francisco, el Sr. Landín, y los compañeros: Angeles Mendoza, Víctor Parra, Gerardo, Aurelio, Pilar Huante, Susana Guzmán, Alexandra y Salvador. A Alberto Hernández Vazquez le agradezco por su esforzada camaradería en el trabajo de campo.

El Centro de Ecología de la UNAM se ha convertido en mi primera casa los últimos dos años y ello ha sido posible principalmente por los compañeros de espacio y cotidianidad, para todos ellos tendré siempre un gran cariño, puesto que su compañía me ha sido permanentemente amable: Alma Rosa Gutiérrez, Georgina García, Rocío Esteban, Isabel, Paty, Sheridan y Karina, las rizo-reinas: Sonia Alvarez, Mayra Gavito, Mónica, Norma Pescador. Por favor, que no olvide a nadie ! La linda presencia de ustedes ha sido mi único motivo para venir al Centro en muchas ocasiones.

Los colegas del Aleph, los laboratorios y los pasillos, le dan un carácter de cordial vitalidad a este magnífico sitio de trabajo, desde las 06:00 del lunes hasta las 24:00 del domingo (he estado aquí para atestiguarlo), casi todos ellos han sido mis maestros y otros los compañeros de esta fragorosa batalla de ser tesisistas: Armando López, Leopoldo Galicia, Alejandro Morón y mujer, Jorge Castellanos, Luis Armando, Julio Campo. En el Lab. de Análisis Químicos: Agustín Quiroz, Arturo y quien ha sido siempre el primer amigo del Centro de Ecología, Enrique Solís V., que me presentó con Chamela, con las labores de campo en serio y con el apasionante gusto de trabajar en el laboratorio y en la computadora, gracias!

Otros de los maestros y colegas de que habría que presumir: Alfonso Valiente y Ma. del Coro, Oscar Briones y Graciela (su novia), Horacio Paz, Rubén Pérez, Santiago, Lalo Morales, Alvaro, Ernesto, Saúl, Ricardo y Cecilia, Germán, Carolina y Rocío. Varios investigadores de los que he aprendido más o menos indirectamente: Víctor Toledo, Rodolfo Dirzo, Gerardo Ceballos, Alfonso Pescador, Miriam Benabib, Alicia Castillo, Angelina Martínez, Ezequiel Ezcurra, Daniel Piñero, Miguel Martínez, Mauricio Bellón, Gerardo Segura, ojalá pueda modificar pronto esa indirección. Al personal administrativo que ha estado bien dispuesto para cooperar siempre incondicional y amablemente: Alicia Cervantes, Gloria, Helena, Paty, el Sr. Coronas, Virgilio y cada uno de los laboratoristas, los vigilantes e intendentes.

Tengo una gran deuda moral con la Facultad de Ciencias, que dió espacio a mis vagabundeos y divagaciones -dentro y fuera de los salones- casi más que por las enseñanzas de la carrera, por el conocimiento de tantos profesores y tan interesantes condiscípulos, habrá nombres perdidos, por la simple razón de la incapacidad de mi memoria para abarcarlos a todos en esta especie de abrazo con que los reencuentro: El Dr. Riba y Nava Esparza, el profesor Taboada, el Maestro Aguilera, José Luis Alvarez, Guillermo Laguna, Guillermina Urbano, Rosario Núñez, Cristina Revilla, Antonio Lazcano, Hilda Flores, Gerardo Pérez, Hector Benavidez, Franck Ghio... No hay agradecimiento suficiente para los profesores universitarios. Los "cuates" van (como siempre) en desorden absoluto: Mónica, Claudia (y Diana) Beraa, Embert, Verónica, Claudia Ramírez, Teresa Bosques, Cynthia Y., Leticia Ríos, Alba Leticia, Sandra, Esther, Montserrat, Olga, Pilar, Carmen, Cristina, Berenice, Patricia Manzano, Thelma, Sonia Palacios, Gabriela, Libia y Adrián, Luis Zambrano, Luis Espinasa, Diego, Oscar, Marco, Juan Carlos, León, Francisco, el Compadre Lucio Arturo, Eduardo Pérez, Alberto, Armando, Gabriel, Fredy, Jorge Luis, Samuel, Ramón y destacados, como las figuras que resumen este maremagnum de amistad, cariño, amores, chismes, chistes, tarea y las fascinantes salidas de campo cristalizadas en equipo, días, melodramas, amaneceres y sueños entre diapositivas, todo puedo resumirlo en la presentación del disco de los del Juguete Rabioso ayer noche: Federico y Santiago, el espíritu de brujo de Fabrizio y la sabia amistad de Alejandro Cruz y María José, mientras el espacio se llenó con los decires de quienes existimos por "mirar delfines en algún mar" y por "revolucionar a la ciudad".

Agradezco por todo el ambiente creado alrededor de este tiempo de "estudio":

A los paisajes de Guerrero, de San Luis Potosí, de Tehuacán en eclipse, de Michoacán, del Bajío, de la región alta de Jalisco, de Puerto Morales, pero sobre todo de Chamela: la estación, los ejidos y la costa, que dieron tanto aliento a la inquietud. . . seguramente continuarán haciéndolo.

Con toda mi alma, agradezco a México, la Ciudad más Grandiosa del Mundo, título que se justifica con sólo mirarla en una noche de plenilunio desde algún lugar apropiado de su montañosa periferia y recorrer ágilmente su infinito laberinto durante la madrugada - ¡escaparé de tí-, gracias, insisto, por darle refugio a mi desquiciado espíritu. Por supuesto, tal reconocimiento se particulariza al dedicarse a la magnífica Ciudad Universitaria, digno escenario del quehacer de la UNAM, la única Universidad verdadera de México. - Ahí y al Centro de Ecología por soportar mis vanidades estudiantiles por ya cuatro años entre sus paredes falsas.

A la música de Moncayo, Revueltas, Quintanar, Lara, Jiménez, varios tríos y uno que otro autor mexicano actual como López y Rockdrigo. A la estimulante estridencia de The Beattles, Elvis, The Doors, Hendricks, Deep Purple, Beach Boys y los más recientes Alan Parson, ZZTop, Bon Jovi, Van Halen, Brian Adams, Sting y The Police, Paul Simon, M.C. Hammer y el Jackson, que se redondean con la neurosis desatada de Guns & Roses y su "Live and let die". Tanto como a la serenidad alrededor de las tormentas propiciada por Tchaikovsky, Brahms, Mendehlsson, Ravel, Rachmaninov, Rimsky-Korsakov, Bach y Vivaldi entre decenas de otros recreadores de la música que me han sido acercados por la invaluable intervención de Enrique y Felipe. Al sutil escándalo de Jorge Reyes, entre muchos que me despertaban los domingos con su "New age". Gracias a FMUNAM, WFM, Radio Alicia, la "13.80", gracias en especial a la OFUNAM, Eugenia León, Bellas Artes y quién se me olvide.

Muy sincero agradecimiento a las decenas de libros, casi todos proveídos (con el truculento fin de ganar una apuesta) por el Capitán Mouse, desde las biografías de Magallanes y Niguel Angel, hasta las genialidades de Taibo II, pasando por Le Carre, Lawrence, García Marquez y Lorca, Hesse, Lovecraft, Borges, el de "To be or not", Blackwood, Stevenson, un reciente Chesterton (merci Mayra), un aromático Amado (gracias Magalena ¿qué ha sido de la noche del Gral. Angeles?) y la esencial preponderancia de Neruo, Huerta, Pellicer, Muñoz, y mi propia poesía ajena, a propósito de la cual, salido ahora a los otros tres mosqueteros: Gerardo, Isaac, Jorge, - ¡ Os dais cuenta, amigos míos, que todo sigue siendo Poesía !-

Para completar la relación de las únicas tres voces dignas de romper el silencio: ofrezco a Patricia por nuestra estrella, a Cynthia por su incondicionalidad, a Verónica por su permanencia, y a quienes no debo nombrar por ser quienes son, el perpetuo amor de los pedaxos de corazón que me han ido, y van, poseyendo.

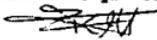
A mi Padre, a mi señora Madre, a Ivette, a Nuria, les rindo mi admiración, mi cariño y mis mejores sentimientos, en prenda del reconocimiento de todo cuánto les estoy obligado. Gracias...

Finalmente, la colaboración con los experimentados forestales de la Dirección de Incendios Forestales de la SARH: Ingenieros Roberto Martínez, Félix Gómez, Gilberto Galeote, Consuelo López-Reyna, Alejo Barrato y los demás participantes del Curso de Incendios Forestales en Ciudad Guzmán, Jalisco, y el contacto con los ingenieros José Luis Martínez y Antonio Mora de la Unidad IV en Tomatlán, me ofreció un punto de vista de los problemas del manejo del fuego en México que procurará mantener en perspectiva continuando de la mejor manera tales relaciones.

De manera formal, expreso mi agradecimiento al Biól. Enrique Solís por su asesoría en el servicio social y las labores de esta tesis relacionadas con el Laboratorio de Análisis Químicos, al Biól. Alberto Hernández por su apoyo en el trabajo de campo y laboratorio en la Estación de Chamela y a la Biól. Rocío Esteban por el apoyo logístico. El financiamiento de las salidas al campo provino de las partidas del Centro de Ecología de la UNAM asociadas a los laboratorios de Ecosistemas y Estructura y Funcionamiento de Comunidades, con los proyectos: "Estructura y Funcionamiento de un Ecosistema Tropical Estacional" y "¿Es el Fósforo un elemento limitante en un ecosistema de selva baja caducifolia?" (CONACyT y DGAPA). Recibí una beca de tesis de licenciatura, como participante del proyecto: "Implementación de la metodología de análisis de los isótopos estables ambientales como herramienta de estudio en los sistemas ecológicos." Apoyado por la DGAPA-UNAM clave IN209091, Centro de Ecología-Instituto de Física. UNAM. durante 1991.

Las facilidades prestadas por la infraestructura técnica y humana de la Estación de Biología que administra el Instituto de Biología de la UNAM en Chamela, Jalisco, fueron una ayuda indispensable para el desarrollo del presente estudio. Gracias!

La relación de reconocimientos precedente, constituye una esencial memoria de ésta época de estudiante que se me termina. Vaya un abrazo afectuoso para todas las personas involucradas y un pensamiento agradecido para las escenografías correspondientes, que ese pensamiento y ese abrazo se repitan cada que éstas páginas sean leídas.



Pedro César González Flores
Centro de Ecología UNAM 25 Septiembre PAT, Ciudad de México

IMPRESOS " MORALES "
Rep. de Cuba 99 Local 21
Tel. 521 - 12 - 44