

00376
5
24.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**



**FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**"PRODUCCION DE HOJARASCA, DINAMICA DEL MANTILLO,
DESCOMPOSICION FOLIAR Y POTENCIAL MICROBIANO
DEL SUELO, EN TRES COMUNIDADES CONTRASTANTES
DEL DESIERTO SONORENSE"**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(ECOLOGIA Y CIENCIAS AMBIENTALES)
P R E S E N T A :
BIOL. SILVIA NUÑEZ QUEVEDO

DIRECTOR(A) DE TESIS: DRA. ANGELINA MARTINEZ YRIZAR

MEXICO, D.F.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

261033¹⁹⁹⁸



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 esta 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.

**A mis padres con todo mi amor y respeto
por el cariño y apoyo que siempre me han brindado.**

**A mis hermanos con cariño por su
ayuda incondicional en todo momento.**

**A Alfonso con todo mi amor por
su apoyo y comprensión.**

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de manera especial al Director de mi tesis Dra. Angelina Martínez Yrizar por su valiosa orientación y sugerencias durante la realización de este estudio.

Al Dr. Felipe García-Oliva por el enriquecimiento del trabajo con sus innumerables sugerencias.

Agradezco especialmente al comité de sinodales: Dr. Javier Alvarez, Dr. Alberto Búrquez, Dr. Zenón Cano, Dr. Felipe García-Oliva, Dr. Víctor Jaramillo y Dr. Jorge Meave, por sus valiosos comentarios y correcciones que realizaron al trabajo.

Al Dr. Daniel Piñero D. quien brindó las facilidades para trabajar en las instalaciones del Instituto de Ecología, IINAM en la Cd. de México

Al Dr. Manuel Maass y al Dr. Víctor Jaramillo por permitirme usar las instalaciones y laboratorios a su cargo.

Al personal del Laboratorio de Análisis Químicos del Instituto de Ecología, en especial a Rocío Esteban, Enrique Solís y Pilar Islas por su participación en los análisis químicos de las muestras de suelo y tejido vegetal.

A la Dra. Magdalena Oliva de la Facultad de Química, UNAM por permitirme utilizar las instalaciones y equipo a su cargo en una parte muy importante de los experimentos de incubación de suelos.

A los compañeros del laboratorio de ecosistemas: Mónica Aguilar, Raúl Ahedo, Julio Campo, Jorge Castellanos, Sonia Díaz, Leopoldo Galicia, Clara García, Georgina García, Teresa González, Alejandro Morón, Lyliana Renteria y Luz Vivar.

A la familia Licea por su invaluable ayuda durante mi estancia en la ciudad de México.

Al Dr. Samuel Ocaña y Lic. Dinorah Retes por las facilidades para trabajar en el área.

A Araceli Bracamontes, Guadalupe Castro, Rosa Díaz, Agueda Gómez, Isabel Granillo, Carlos León, Haydeé Miranda, María de Jesús Núñez, Adrián Quijada, María de los Angeles Quintana, Trinidad Quintero y Martín Villegas por su valiosa ayuda en diferentes etapas de este trabajo. Todos

ellos compañeros de laboratorio en la Estación Regional Noroeste del Instituto de Ecología, UNAM en Hermosillo, Sonora.

Al personal de la Estación Regional Noroeste del Instituto de Geología, UNAM por las facilidades prestadas durante el desarrollo de este trabajo.

El presente trabajo se realizó con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través de una beca de Maestría. Asimismo, se recibió financiamiento por parte del CONACyT al proyecto Ref. 0080-N9106 y de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, UNAM, al proyecto No. PAPIIT IN212894 ambos a cargo del Dr. Alberto Búrquez.

INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	3
CAPITULO I. INTRODUCCION GENERAL.....	5
Referencias.....	9
CAPITULO II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.....	11
Características de los sitios de estudio.....	12
Referencias.....	16
CAPITULO III. PRODUCCION DE HOJARASCA.....	17
Introducción.....	18
Métodos.....	19
i) Diseño de las trampas.....	19
ii) Distribución espacial de las trampas.....	19
iii) Procesamiento y regularidad en las colectas de hojarasca.....	19
iv) Análisis estadístico.....	20
Resultados.....	21
i) Efecto de los sitios (ANDEVA).....	21
ii) Producción anual de hojarasca.....	21
iii) Tasas diarias de producción de hojarasca.....	22
iv) Contribución de cada especie a la producción total de hojarasca.....	24
v) Tasas diarias de producción de hojarasca por especie.....	28
Discusión.....	37
i) Tamaño de trampa y diseño experimental.....	37
ii) Comparación de la producción total de hojarasca con otras comunidades.....	37
iii) Aspectos estructurales y de disponibilidad de agua en la producción de hojarasca...	39
iv) Estacionalidad en la producción de hojarasca.....	40
v) Contribución a la producción total de hojarasca por las especies.....	41
Referencias.....	42
CAPITULO IV. DESCOMPOSICION DEL MANTILLO.....	44
Introducción.....	45
Métodos.....	49
i) Descomposición foliar.....	49
ii) Dinámica y descomposición del mantillo.....	52

Resultados.....	53
i) Descomposición foliar.....	53
ii) Dinámica y descomposición del mantillo.....	58
Discusión.....	61
i) Descomposición del material foliar.....	61
ii) Dinámica y descomposición del mantillo.....	63
iii) Tasa de descomposición (k).....	63
iv) Tiempo de recambio (T).....	64
Referencias.....	65
CAPITULO V. ACTIVIDAD MICROBIANA EN LA DESCOMPOSICION DE RESIDUOS VEGETALES EN EL SUELO.....	70
Introducción.....	71
Métodos.....	74
i) Experimento 1. Potencial de descomposición microbiano	74
ii) Experimento 2. Mineralización de C de origen distinto.....	76
Resultados.....	78
i) Experimento 1. Potencial de descomposición microbiano.....	78
ii) Experimento 2. Mineralización de C de origen distinto.....	83
Discusión.....	88
Referencias.....	91
CAPITULO VI. DISCUSION GENERAL.....	94
Referencias.....	99
APENDICE I.....	102

RESUMEN

Actualmente el análisis del ciclo del carbono ha recibido considerable atención debido al incremento acelerado de la concentración de CO₂ en la atmósfera. Los disturbios como el fuego y los desmontes, causan la liberación de grandes cantidades de carbono almacenado en la fitomasa y materia orgánica del suelo. Por lo tanto, es importante entender los almacenes y flujos de energía y nutrientes en los ecosistemas naturales. El objetivo de este trabajo fue describir la acumulación y transferencia del carbono de la vegetación al suelo en tres comunidades del Desierto Sonorense. Para ello, en el matorral de las planicies (Sitio Planicie), de laderas de los cerros (Ladera) y xeroripario (Arroyo) se analizaron: la producción de hojarasca, la descomposición del material foliar y del mantillo, y el potencial de descomposición microbiano del suelo en experimentos de incubación.

La producción de hojarasca presentó un gradiente de producción anual que aumentó de Planicie a Arroyo. El componente de mayor contribución a la producción total fueron las hojas, con un 57% en Arroyo, 59% en Planicie y 64% en Ladera. De esta cantidad, la mayor parte fue producida por las especies perennes dominantes de cada sitio. En Arroyo ocho especies contribuyeron con el 65%, mientras que, en Ladera y en Planicie tres especies contribuyeron con el 63 y el 59%, respectivamente. El patrón temporal de caída de hojarasca en los sitios fue bimodal determinado principalmente por la caída de las hojas. Hubo un pulso importante de caída después de las lluvias de verano y otro al finalizar las lluvias de invierno. El promedio anual de mantillo también varió entre sitios y estaciones del año. Su acumulación coincidió con los períodos de máxima caída de hojarasca (sequía) y su disminución con la época de máxima descomposición (lluvias). Se observó un gradiente de descomposición de mantillo, siendo mayor en Arroyo y menor en Planicie. La descomposición foliar varió entre tratamientos incrementándose en el siguiente orden: *Olneya tesota*, hojas en mezcla de varias especies y *Encelia farinosa*. Esta última especie se encuentra en los tres sitios pero en Planicie presentó el tiempo de recambio promedio más corto. La mayor degradación del material foliar se calculó en 183 días. El potencial de descomposición microbiano del suelo en los sitios Arroyo y Ladera fue mayor al de Planicie. La mineralización del mantillo añadido también mostró diferencias entre sitios.

La mayor producción de CO₂ para el Dosel fue con mantillo de plantas anuales y para Planicie con mantillo de plantas perennes. En los sitios abiertos, el potencial microbiano de descomposición fue menor que bajo la copa de los arbustos y en sitios con vegetación más densa (Arroyo y Ladera). Esto apoya la importancia de los arbustos en favorecer la actividad microbiana dando como resultado sitios con mayor disponibilidad de nutrientes. Se concluye que existen diferencias de funcionamiento entre sitios adyacentes en el Desierto Sonorense y se hace énfasis en la importancia de considerar el grado de heterogeneidad espacio-temporal para evaluar adecuadamente la magnitud de la variación de los procesos ecosistémicos analizados.

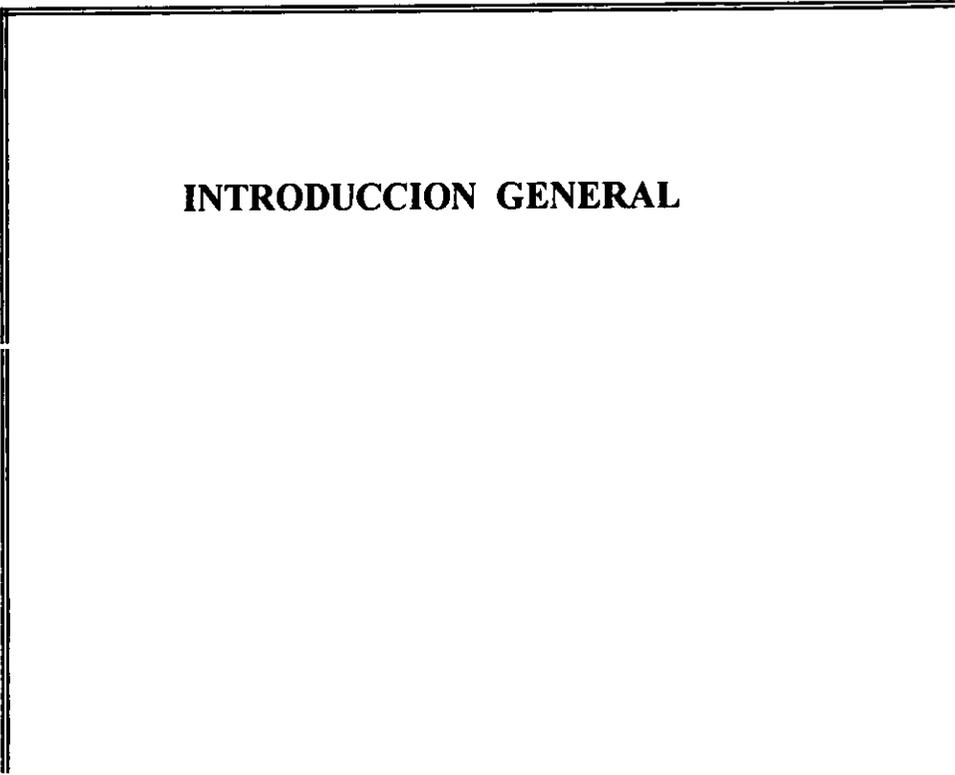
ABSTRACT

The analysis of the carbon cycle has received considerable attention because of the accelerated increment of CO₂ concentration in the atmosphere. Disturbs such as fire and clearing of the vegetation cause the liberation of large quantities of carbon stored in the phytomass and soil organic matter. Thus it is important to understand the pools and fluxes of energy and nutrients in the natural ecosystem. The objective of the present work was to describe the accumulation and transfer of carbon from the vegetation to the soil in three unperturbed communities of the Sonoran Desert. This was achieved through the analysis of the following processes: litter production, leaf-litter and surface litter decomposition, and microbial decomposition potential of soils. The study sites represent the community types found in the area: desert vegetation distributed on the plains (Planicie), thornscrub on the hillsides (Ladera) and xeroriparian vegetation along the temporal drainages (Arroyo).

Annual litterfall showed a production gradient which increased from the Planicie to the Arroyo site. The leaves were the most important component of the total annual production with a contribution of 57% in Arroyo, 59% in Planicie and 64% in Ladera, mainly by the dominant perennial tree species on each site. In Arroyo, eight species made up 65% of the total annual litterfall, while in Ladera and Planicie only three species accounted for 62% and 59% of the total annual value. The temporal pattern of litterfall in the three sites was bimodal determined principally by the seasonal shedding of the leaves. There was an important pulse of litter production after the summer rains and a second one after the winter rains. The mean annual amount of surface litter also varied seasonally, with a period of maximum accumulation of litter during the dry season. Minimum amounts were recorded during the period of maximum decomposition (rainy season). There was a litter decomposition gradient from the Arroyo to the Planicie site. Litter bag experiments indicated that leaf decomposition varied between treatments increasing in the order: *Olneya tesota*, leaves in mixture of various species, and *Encelia farinosa*. The latter species is present in the three sites, but in Planicie had the minimum turnover time. The highest degradation of leaf material was calculated in 183 days. Incubation experiments showed that the microbial decomposition potential of soils in the Arroyo and Ladera sites was higher than in Planicie.

The rate of mineralization of the litter added to the soil also differed between sites. The Dosel site had the maximum CO₂ production with the addition of litter of annual plants, while the Planicie site, with the litter of perennial plants. In the open sites (without canopy cover), the microbial decomposition potential of soils was lower than beneath the canopies, and the denser vegetation sites (Arroyo and Ladera). These results finding emphasize the importance of trees and shrubs as sites of increased microbial activity and therefore of higher nutrient availability. In conclusion, there are differences in functioning between these adjacent study sites in the Sonoran Desert. This highlights the importance of considering the extent of the spatial and temporal heterogeneity to evaluate adequately the magnitude of the variation of the ecosystem processes.

CAPITULO I



INTRODUCCION GENERAL

INTRODUCCION

El carbono es un elemento primordial en los procesos biológicos y juega el papel más importante en la estructura de los compuestos orgánicos interviniendo en toda la actividad biológica. La principal ruta de incorporación del carbono en los ecosistemas se da a través del proceso de fotosíntesis en las plantas, las cuales incorporan el carbono a partir del CO₂ atmosférico en moléculas de azúcar. Los compuestos orgánicos producidos por las plantas pueden entrar en la red trófica de los heterótrofos a través del consumo directo de tejido vegetal vivo por los herbívoros, o bien pasar a la red trófica de los detritívoros del suelo en forma de tejido muerto (Gosz *et al.*, 1978). En los ecosistemas terrestres, se tiende a un balance entre la fijación del CO₂ por las plantas y su liberación por respiración de plantas, animales y microorganismos. El balance global del carbono es estable en los ecosistemas terrestres maduros y sin disturbio. Los disturbios tales como el fuego, el aclareo y los desmontes para la agricultura, causan la liberación de grandes cantidades de carbono previamente almacenado en la fitomasa y en la materia orgánica del suelo (Aber y Melillo, 1991).

Actualmente el análisis del ciclo del carbono en la biosfera ha recibido considerable atención por los investigadores, debido principalmente al incremento acelerado de la concentración de CO₂ en la atmósfera que ha ocurrido durante las últimas décadas. Este ha sido señalado como uno de los componentes más importantes del cambio climático global (Vitousek, 1994).

En los ecosistemas tropicales la mayor cantidad de carbono se encuentra almacenado principalmente en la fitomasa y en la materia orgánica del suelo. En contraste, en las regiones árticas y frías el poco carbono almacenado se distribuye en el suelo. En estas zonas la fitomasa disminuye ya que la tasa fotosintética es muy baja como consecuencia de la poca energía recibida por unidad de área. En las zonas áridas de las regiones subtropicales, la fijación del carbono se ve limitada principalmente por la escasez de agua (Whittaker, 1975). Para entender los mecanismos que controlan estos patrones de almacenamiento y circulación de carbono en los distintos ecosistemas del mundo todavía son necesarios estudios a nivel de ecosistema.

En México, las regiones áridas y semiáridas cubren aproximadamente el 40% de la superficie del país (Rzedowski, 1978). El Desierto Sonorense, el más complejo de los desiertos de Norteamérica en términos estructurales y de dinámica del ecosistema, cubre gran parte de la Península de Baja California y Sonora en México, así como Arizona y California en Estados Unidos (Macmahon y Wagner, 1985). En esta zona se han realizado estudios principalmente sobre la estructura y composición florística (Shreve, 1951; Shreve y Wiggins, 1964; Felger, 1980; Crosswhite y Crosswhite, 1982; Ezcurra *et al.*, 1987), pero los aspectos de carácter funcional no han sido explorados, y por lo tanto, son poco comprendidos.

Por lo anterior, este trabajo que comprende varios estudios a nivel de ecosistema, pretende conocer más sobre el funcionamiento de una área de la porción sur de la distribución del Desierto Sonorense. Este estudio forma parte de un proyecto de investigación en proceso, y en el cual se han cuantificado la distribución y estructura de la vegetación (Búrquez y Quintana, 1994; Búrquez, *et al.*, en prensa), la fitomasa aérea de plantas perennes (Búrquez *et al.*, 1992), de plantas anuales de invierno (Martínez-Yrizar *et al.*, 1995), las pérdidas foliares por herbivoría (Díaz-Calva, datos no publicados) y la biomasa de raíces (Villegas, datos no publicados).

El objetivo del presente trabajo fue describir la dinámica de la transferencia del carbono de la vegetación al suelo en tres comunidades no perturbadas y estructuralmente contrastantes, localizadas dentro de una misma área. Este estudio aportará los primeros resultados de carácter descriptivo, cuantitativo y experimental del funcionamiento a nivel ecosistémico en esta localidad de México. Particularmente, se determinarán: (1) los patrones de producción de hojarasca, (2) la tasa de descomposición del material foliar y del mantillo, y (3) el potencial de descomposición microbiano del suelo en experimentos de incubación controlada de suelo. El tema central de este estudio es el de describir los patrones de almacenamiento y flujo de carbono en el ecosistema, que son fundamentales para el entendimiento de los efectos de las alteraciones en el ecosistema por la actividad humana. En el estado de Sonora las principales actividades de transformación de la tierra son la ganadería, la agricultura, el confinamiento de desechos tóxicos de las maquiladoras y la minería (Búrquez y

Martínez-Yrizar, en prensa). Además, los estudios sobre el ciclaje del carbono en el ecosistema son importantes para determinar los mecanismos naturales del mantenimiento de la fertilidad del suelo y de esta manera, la base de la sustentabilidad en el manejo de los sistemas naturales.

La presentación de esta tesis se ha organizado en seis capítulos. Después de este primer capítulo a manera de introducción general, en el Capítulo II se describe el área de estudio. Los resultados para un año de estudio de producción de hojarasca y el proceso de descomposición del mantillo se describen en los Capítulos III y IV, respectivamente. En el Capítulo V se presentan los resultados de experimentos realizados en el laboratorio para cuantificar la actividad microbiana en la descomposición de residuos vegetales en el suelo. El trabajo concluye con una discusión general de estos procesos para las comunidades estudiadas y su importancia en el ciclo del carbono (Capítulo VI).

Nota:

Los vacíos existentes en el vocabulario técnico han promovido la adopción de nueva terminología proveniente, en su mayoría, del inglés, y es por esto la preferencia en algunos casos de usar anglicismos. Este es el caso de los términos “nutrientes” y “descomponedores” que serán usados en esta tesis para referirse a los elementos minerales y a los microorganismos del suelo encargados de la descomposición, respectivamente.

La utilización de los términos hojarasca, mantillo y materia orgánica del suelo han tenido diversas interpretaciones en la literatura, en este trabajo se utilizarán las siguientes convenciones:

1) Hojarasca (litter).- Se entiende por hojarasca la fracción de material vegetal que pierde su conexión con la planta y cae al suelo. También incluye a los restos animales (cuerpos, exuvias y excretas) de los insectos que consumen la vegetación y que se integrarán al suelo.

2) Mantillo (Standing crop litter o surface litter).- El mantillo es la capa de residuos orgánicos (restos vegetales y animales) que yacen sobre la superficie del suelo de las comunidades vegetales; después de la caída de hojarasca.

3) Materia orgánica del suelo.- Es la parte orgánica del suelo y está constituida por cuatro elementos: la materia orgánica particulada, el material metabolizable (compuestos solubles como las enzimas y los exudados), la biomasa microbiana y los componentes estables (humus).

REFERENCIAS

- Aber, J.D. y Melillo, J.M. 1991. *Terrestrial Ecosystems*. Saunders, Orlando, Florida. 429 pp.
- Búrquez, A., Martínez-Yrizar, A., Núñez, S., Quintero, T. y Aparicio, A. 1992. Above-ground phytomass in a Sonoran Desert Community. 43rd AIBS Annual Meeting, Honolulu. *American Journal of Botany (supplement)* 79: 186.
- Búrquez, A., Martínez-Yrizar, A., Felger, R.S. y Yetman, D. En prensa. Biodiversity at the southern edge in Sonora, Mexico. *En: R. Robichaux (ed.). Conservation and Habitat diversity in the Sonoran Desert*, University of Arizona Press, Tucson.
- Búrquez, A. y Quintana, M.A. 1994. Islands of diversity: ironwood ecology and the richness of perennials in a Sonoran Desert biological reserve. Pp. 9-27 *En: G.P., Nabhan y J.L., Carr (eds.). Ironwood: An Ecological and Cultural Keystone of the Sonoran Desert, Occasional Papers in Conservation Biology, Occasional Paper No. 1. Conservation International, Washington, D.C.*
- Crosswhite, R.K. y Crosswhite, C.D. 1982. The Sonoran Desert. Pp. 163-319. *En: Gordon, G.L. (ed.). Reference Handbook on the Deserts of North America. Greenwood Press, Westport.*
- Ezcurra, E., Equihua, M. y López-Portillo, J. 1987. The desert vegetation of El Pinacate, Sonora, Mexico. *Vegetatio* 71: 49-60.
- Felger, R.S. 1980. Vegetation and flora of the Gran Desierto, Sonora, Mexico. *Desert Plants* 2: 87-114.
- Gosz, J.R., Holmes, R.T., Likens, G.E. y Bormann, F.H. 1978. The flow of energy in a forest ecosystem. *Scientific American* 238: 92-102.
- Martínez-Yrizar, A., Búrquez, A., Núñez, S., Quintana, M.A. y Miranda, H. 1995. Fitomasa de las anuales de invierno del Desierto Sonorense, en Sonora central. Pp. 59. *En: Resúmenes del XIII Congreso Mexicano de Botánica. Sociedad Botánica de México. Cuernavaca, Morelos.*
- MacMahon, J.A. y Wagner, F.H. 1985. The Mojave, Sonoran and Chihuahuan deserts of North America. Pp.105-202. *En: Evenari M., Noy-Meir I., Woodall D.W. (eds.). Hot Deserts and*

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

AREA DE ESTUDIO

Este estudio se desarrolló al sur de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, (29°01' N, 110°57' O, Fig. 2.1), a 350 m de altitud en una área de aproximadamente 800 ha.

El clima del área se clasifica de acuerdo al sistema de Köppen (1948), modificado por García (1978) en el tipo árido desértico, siendo un clima extremo, muy árido o desértico, seco, cálido con lluvias de verano [BW(h)hw(e)]. La precipitación media anual es de 347.4 mm (para los años 1966-1996; Comisión Nacional del Agua, Hermosillo) y la temperatura media anual es de 24.5°C (Fig. 2.2). En el año se presentan dos temporadas de lluvias una con lluvias de "verano" (julio-septiembre) y la otra, generalmente más errática, con lluvias de "invierno" (diciembre-febrero), en las que se registran el 67 y 19 % de la precipitación media anual, respectivamente.

El suelo es arenoso con arcillas derivadas del intemperismo del granito. Los granitos constituyen el cuerpo principal de los cerros que son cortados por diques del tipo lamprófidio de mineralogía constituida principalmente por plagioclasas intermedias (andesina-oligoclasa), hornblenda y biotita, y como minerales secundarios calcita, clorita y cuarzo (Rodríguez-Castañeda, 1981). La vegetación representa a las comunidades típicas del Desierto Sonorense descrito por Shreve (1951), las cuales se describen más adelante.

CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

El área de estudio está representada por tres comunidades con marcadas diferencias de vegetación, topografía y suelo (Fig. 2.1).

La primera comunidad que cubre una extensión aproximada del 60% del área de estudio pertenece a la subdivisión "Planicies de Sonora" del Desierto Sonorense de Shreve (1951). En esta comunidad se eligió un sitio representativo denominado "Planicie" (Fig. 2.1). Los suelos tienen un pH promedio de 7.3, cuya característica sobresaliente es la abundancia de iones de calcio y magnesio y textura de franco-arcillo arenoso a franco arenoso (Tabla 2.1). La vegetación es espaciada y las plantas son de corta estatura (generalmente menores a 1.5 m), con una fitomasa de 5.7 Mg ha⁻¹ (Búrquez *et al.*, 1992).

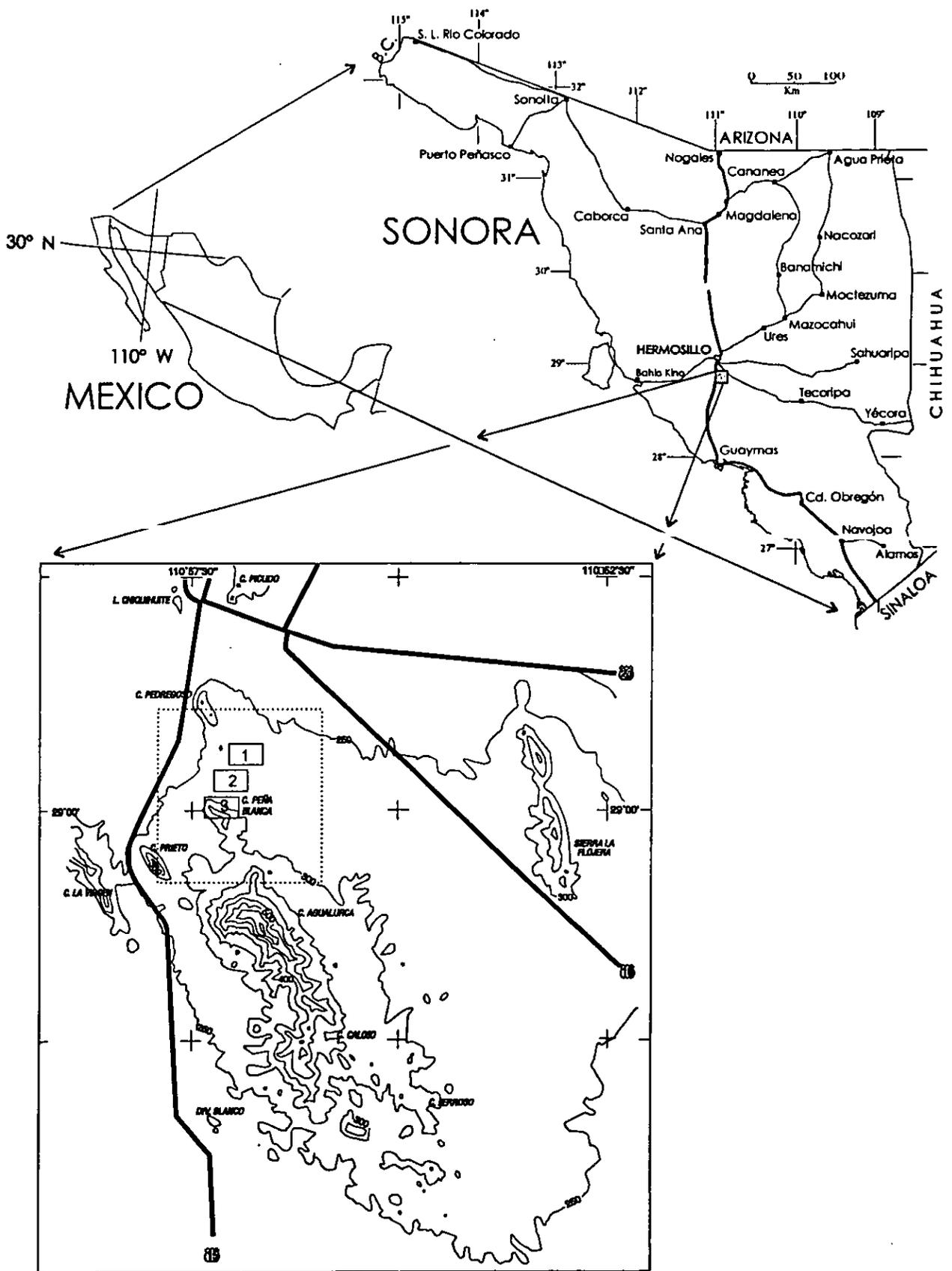


Figura 2.1. Localización del área de estudio (rectángulo punteado).
 1= Sitio Planicie, 2= Sitio Arroyo y 3= Sitio Ladera.

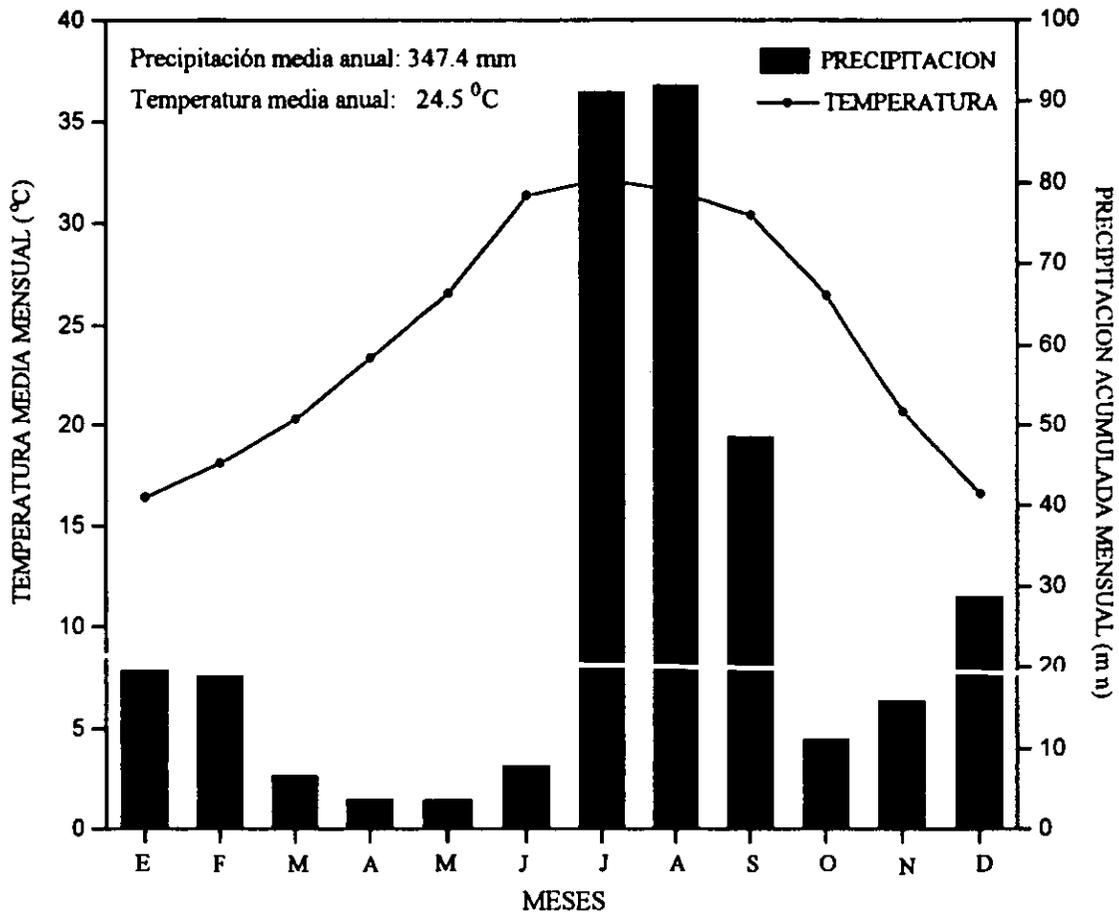


Figura 2.2 Diagrama climático para la ciudad de Hermosillo, Sonora. Datos promedio del periodo de 1966 a 1996 (Comisión Nacional del Agua, Hermosillo).

Tabla 2.1. Media (error estándar, n=5) de las características físicas y químicas de los sitios Arroyo, Ladera y Planicie del Desierto Sonorense al Sur de Hermosillo, Sonora.

SITIO	pH (1:2.5)	Mg ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
ARROYO	7.8 (0.36)	12.3 (1.88)	6.3 (0.20)	10.8 (0.95)	30.8 (1.52)	71 (0.6)	5 (0.6)	23 (1.3)
LADERA	7.4 (0.23)	10.2 (1.63)	6.8 (0.30)	9.2 (1.06)	22.5 (3.34)	72 (1.1)	7 (1.2)	21 (0.8)
PLANICIE	7.3 (0.28)	53.3 (28.15)	6.8 (0.50)	7.0 (1.40)	127.1 (66.94)	74 (0.8)	6 (2.2)	20 (1.7)

La vegetación es abierta, con arbustos y árboles localizados irregularmente. Existe dominancia *Encelia farinosa* A. Gray, *Jatropha cardiophylla* (Torr.) Muell. Arg., *Olneya tesota* A. Gray, y abundancia de pastos anuales. Además, está caracterizado por la presencia de grandes árboles aislados de *Cercidium microphyllum* (Torr.) Rose & Johnston y *Olneya tesota* que pueden alcanzar más de 5 m de altura.

La segunda comunidad, que constituye cerca del 10% del área de estudio está representada por vegetación que se distribuye a lo largo de los arroyos de curso temporal. En esta comunidad xeroriparia se localiza el segundo sitio de estudio denominado "Arroyo" (Fig. 2.1), con suelos de textura franco-arcillo arenosa y pH de 7.8 (Tabla 2.1). La vegetación es más densa y diversa que en el sitio Planicie, y con una fitomasa mucho mayor de 20.9 Mg ha⁻¹ (Búrquez *et al.*, 1992). Especies características de esta comunidad son: *Coursetia glandulosa* A. Gray, *Eysenhardtia orthocarpa* (A. Gray) S. Wats. y *Bursera laxiflora* S. Wats.

La tercera comunidad se distribuye en las laderas de los cerros de pendiente moderada a pronunciada (20 a 40°) que en el área de estudio no superan los 350 m de altitud, y cubre aproximadamente el 40% de la zona estudiada. Es frecuente observar afloramientos de rocas graníticas. En esta comunidad se eligió un sitio representativo denominado "Ladera" (Fig. 2.1). Presenta suelos con un pH de 7.4 y textura franco arcillo-arenoso (Tabla 2.1). A diferencia de los otros sitios, la cobertura vegetal es más uniforme, y la fitomasa presenta un valor intermedio de 9.9 Mg ha⁻¹ (Búrquez *et al.*, 1992). Este sitio con una pendiente de 30° y exposición norte está caracterizado por la predominancia de *Mimosa distachya* Cav., *Jatropha cordata* (C. Ortega) Muell. Arg., *Acacia willardiana* Rose y *Croton sonora* Torr.

La proximidad entre las comunidades minimiza la posibilidad de que existan diferencias significativas en los regímenes de lluvia. Sin embargo, la diferencia topográfica tiene gran importancia tanto en el efecto de la insolación como en el curso e infiltración de la escorrentía particular de cada sitio. Así, la inclinación de la pendiente afecta la velocidad de escurrimiento y por lo tanto modifica el almacenamiento del agua.

REFERENCIAS

- Búrquez, A., Martínez-Yrizar, A., Núñez, S., Quintero, T. y Aparicio, A. 1992. Above-ground phytomass in a Sonoran Desert Community. 43 rd AIBS Annual Meeting, Honolulu. *American Journal of Botany (supplement)* 79: 186.
- García, E. 1978. *Modificaciones al sistema climático de Köpen*. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.
- Köpen, 1948. *Climatología*. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Rodríguez-Castañeda, J.L. 1981. Notas sobre la geología del área de Hermosillo, Sonora. *Revista del Instituto de Geología, UNAM* 5: 20-26.
- Shreve, F. 1951. *Vegetation of the Sonoran Desert*. Carnegie Institution of Washington, Publication No. 591. Washington, DC. 192 pp.

CAPITULO III

PRODUCCION DE HOJARASCA

INTRODUCCION

La producción de hojarasca es un proceso fundamental en los ecosistemas, ya que constituye el enlace entre la producción primaria y la descomposición de la materia orgánica (Meentemeyer *et al.*, 1982). Este fenómeno es el principal vehículo de regreso de los nutrientes al suelo, contenidos en los órganos senescentes de las plantas (Vogt *et al.*, 1986). En general, la producción anual de hojarasca está controlada por el clima y los factores edáficos del sistema natural variando grandemente de una comunidad a otra. Los patrones de esta producción también presentan variaciones entre comunidades así, en lugares con clima seco o con estacionalidad de lluvias marcadas las plantas responden a los periodos de sequía mediante la caída de las hojas, reduciendo así la superficie de transpiración y permitiendo su sobrevivencia (West, 1979). En estas zonas, los agentes físicos como el viento, la lluvia, la nieve y el granizo, causan la caída ocasional de hojarasca que se concentran principalmente bajo el dosel de los arbustos. Estos patrones espaciales y temporales de la caída de hojarasca tienen implicaciones muy importantes en la distribución de los organismos del suelo y por lo tanto en el proceso de descomposición y ciclaje de elementos (Strojan *et al.*, 1979).

A pesar de la importancia de la producción de hojarasca en el flujo de carbono y ciclaje de los elementos minerales en el ecosistema, este proceso ha sido rara vez examinado en los desiertos. Para el Desierto Sonorense, el único trabajo publicado sobre el tema fue realizado en una localidad en Baja California Sur donde se estimó la producción de hojarasca de seis especies estructuralmente importantes del desierto (Maya y Arriaga, 1996).

El presente trabajo contempla el estudio de la producción de hojarasca y tiene como objetivos: (1) cuantificar y comparar la producción anual de hojarasca en tres comunidades del Desierto Sonorense, (2) conocer la proporción de cada uno de los componentes (hojas, estructuras reproductivas y ramas) con respecto a la cantidad total de hojarasca, (3) conocer la contribución relativa de cada especie a la producción total anual de hojarasca y (4) conocer los patrones temporales de caída de los componentes de la hojarasca .

METODOS

i) Diseño de las trampas

Para la colecta de hojarasca se utilizaron trampas fabricadas con tramos de tubo comercial de PVC (cloruro de polivinilo). Las trampas fueron de 10.5 cm de diámetro (0.0087 m^2) y de 10 cm de altura, con una base de malla de aluminio de 1.4 mm de apertura. Dicho tamaño de apertura resulta más pequeña que cualquier elemento de la hojarasca, por lo que no se pueden dar pérdidas importantes a través de la malla. Asimismo, permite el drenaje que evita la descomposición del material entre las colectas sucesivas.

ii) Distribución espacial de las trampas

En cada sitio de estudio se colocaron 40 trampas (excepto en Planicie donde $n=39$) distribuidas sistemáticamente en cuatro transectos paralelos de $100 \times 10 \text{ m}$, cubriendo completamente un área de 4000 m^2 por sitio, con una distancia entre trampas de 10 m. Cada trampa fue fijada a nivel del suelo por estacas de alambre galvanizado.

iii) Procesamiento y regularidad en las colectas de hojarasca

El 16 de mayo de 1992 se colocaron las trampas en el campo. A partir de esta fecha se colectó su contenido mensualmente durante un año. El material se separó por especie y por componente de cada especie en: hojas (láminas, raquis, folíolos, pecíolos), estructuras reproductivas (flores, frutos y semillas) cada una por separado y ramas (fragmentos con un diámetro no mayor a 1 cm y cortezas). En el caso de los frutos indehiscentes el peso del fruto incluyó el peso de las semillas. Posteriormente se secó a 80° C en un horno con ventilación hasta alcanzar peso constante y se pesó con una balanza con una precisión de 0.0001 g .

En las trampas también se encontraron restos de origen animal (cuerpos, exuvias y excretas), principalmente de insectos. Estos se cuantificaron por separado y se les dió el mismo tratamiento de secado y pesado que al material vegetal.

iv) Análisis estadístico

Se aplicó el análisis de varianza (ANDEVA) para conocer el efecto del sitio en la producción total de hojarasca. Para cumplir con los requisitos del ANDEVA, se probó normalidad de los datos con la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Ya que esta prueba resultó significativa, los datos se transformaron a logaritmo natural. La homogeneidad de la varianza se verificó con la prueba de Bartlett y posteriormente se aplicaron los análisis paramétricos usando el paquete estadístico SPSS (SPSS Inc., 1986).

RESULTADOS

i) Efecto de los sitios (ANDEVA)

La producción total anual de hojarasca y la de los componentes difirieron significativamente entre sitios ($P= 0.0001$; Tabla 3.1).

Tabla 3.1. Análisis de varianza para probar el efecto del sitio en la producción total de hojarasca, y de los componentes: hojas, estructuras reproductivas y ramas en el periodo del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, en los sitios Arroyo, Ladera y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

FUENTE	GRADOS DE LIBERTAD	\bar{F}	P	R^2
TOTAL				
Sitio	2	79.7670	0.0001	0.5790
Error	116			
Total	118			
HOJAS				
Sitio	2	82.7623	0.0001	0.5880
Error	116			
Total	118			
ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS				
Sitio	2	23.9982	0.0001	0.2927
Error	116			
Total	118			
RAMAS				
Sitio	2	59.8581	0.0001	0.5079
Error	116			
Total	118			

ii) Producción anual de hojarasca

La producción anual de hojarasca estimada en el periodo del 16 de mayo de 1992 al 24 de mayo de 1993 y ajustada a 365 días fue en total mayor para el sitio Arroyo, después para Ladera y por último para Planicie (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Producción anual de hojarasca y contribución de los diferentes componentes a la producción total de hojarasca ($\text{g m}^{-2} \text{a}^{-1} \pm 1 \text{ E.E.}$, $n=40$, excepto en Planicie donde $n=39$) en el período del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, en los sitios Arroyo, Ladera y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. %= Porcentaje de contribución de los componentes a la producción total de hojarasca.

COMPONENTES	ARROYO		LADERA		PLANICIE	
	Peso seco	%	Peso seco	%	Peso seco	%
Hojas	202.74 \pm 19.76	56.8	100.17 \pm 7.26	63.6	35.25 \pm 5.38	59.2
Estructuras reproductivas	59.45 \pm 12.56	16.6	18.68 \pm 2.34	11.9	18.68 \pm 2.37	31.4
Flores	21.35 \pm 5.08	6.0	6.73 \pm 0.83	4.3	4.74 \pm 1.63	8.0
Frutos	23.70 \pm 6.78	6.6	4.45 \pm 1.15	2.8	1.46 \pm 0.35	2.4
Semillas	14.46 \pm 2.32	4.0	7.49 \pm 0.96	4.8	12.48 \pm 1.25	21.0
Ramas	94.78 \pm 17.03	26.6	38.52 \pm 13.61	24.5	5.59 \pm 1.25	9.4
TOTAL	356.97 \pm 35.58	100.0	157.37 \pm 18.97	100.0	59.51 \pm 7.65	100.0

En los tres sitios el componente de mayor contribución a la producción total de hojarasca fueron las hojas, las cuales contribuyeron con un 57%, 59% y 64% para los sitios Arroyo, Planicie y Ladera respectivamente (Tabla 3.2). El siguiente componente en importancia de aporte en Arroyo y Ladera fueron las ramas; en cambio, en Planicie hubo mayor caída de semillas.

Los restos de insectos y sus excretas aparecieron en todas las colectas de las trampas de los tres sitios. En el sitio Arroyo la estimación total anual de ambos componentes fue de $23.7 \text{ g m}^{-2} \text{a}^{-1}$, de los cuales el 10% correspondió a cuerpos de animales y el 90% a las excretas. En cambio, en el sitio Ladera se estimó una aportación promedio anual de $10.9 \text{ g m}^{-2} \text{a}^{-1}$ de los cuales el 13% correspondió a cuerpos de animales y el 87% a excretas. En el sitio Planicie la caída de estos elementos fue de $4.1 \text{ g m}^{-2} \text{a}^{-1}$, del cual el 26% correspondió a cuerpos de animales y el 74% a las excretas.

iii) Tasas diarias de producción de hojarasca

La caída de hojarasca en los sitios se registró durante todo el año pero mostrando un patrón bimodal con valores altos de producción al final del período de lluvias de verano seguido de otro pico de producción al final de las lluvias de invierno (Fig. 3.1). En el sitio Ladera la máxima tasa de caída de hojarasca total ocurrió en el mes de octubre después de las lluvias de verano. En cambio, en el Arroyo

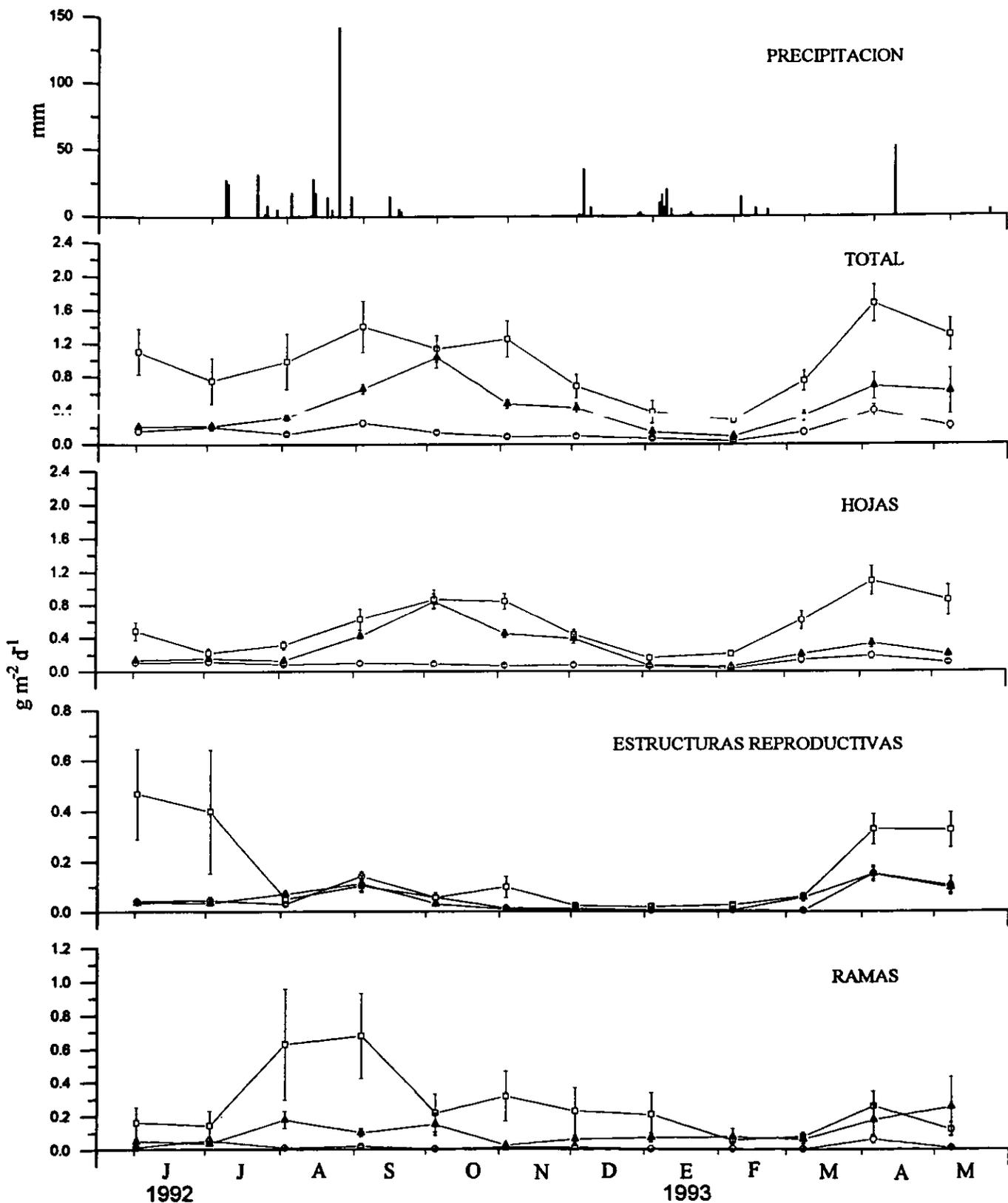


Figura 3.1. Precipitación diaria (mm) y tasas diarias de producción de hojarasca ($g\ m^{-2}\ d^{-1} \pm 1E.E.$) por componente en el periodo del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, en los sitios (—□—) Arroyo, (—▲—) Ladera y (—○—) Planicie en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

la máxima tasa de caída se registró en septiembre, durante las lluvias de verano, lo que se explicó por un aumento en la caída de ramas en ese mes. Abril fue el mes de mayor aporte en los tres sitios posterior a las lluvias de invierno. El patrón bimodal de caída es muy claro en el caso del componente hojas, excepto en el sitio Planicie donde se detectó un solo aumento en la caída de hojas después de las lluvias de invierno hasta alcanzar un valor máximo en abril.

Las estructuras reproductivas también presentaron un patrón de caída bimodal. El sitio Arroyo presentó valores superiores a los de los otros dos sitios tanto en el pico de verano como en el de primavera.

La caída de las ramas alcanzó el valor más alto en el sitio de Arroyo en el mes de septiembre y fue favorecida posiblemente por la acción del viento, que en ese mes alcanza velocidades hasta de 60 km /hr (Alberto Búrquez, com. pers.).

iv) Contribución de cada especie a la producción total de hojarasca

De un total de 55 familias reportadas para el área de estudio (Búrquez *et al.*, datos no publicados) las trampas capturaron hojarasca de 34 familias y 70 especies en los tres sitios. De estas especies son: 11 árboles, 23 arbustos, 9 lianas y 27 hierbas (Tabla 3.3).

Los arbustos hicieron la mayor contribución a la producción total de hojarasca en cada sitio (46-55%) seguido por la contribución de árboles (24-34%). La producción de plantas herbáceas, representada principalmente por efimeras del desierto, fue muy importante en Planicie (23%) comparado con valores más bajos para Arroyo y Ladera (2 y 8%, respectivamente). La proporción de hojarasca del grupo de enredaderas también varió entre sitios (9% en Arroyo, 5% en Ladera y 3% en Planicie; Tabla 3.3).

Las familias más abundantes fueron Compositae, Euphorbiaceae y Fabaceae con seis especies cada una. Del total de las especies capturadas en las trampas, en Arroyo se registraron 53 especies, en Ladera 44 y en Planicie 41, encontrándose 25 especies comunes en los tres sitios. Las especies de mayor contribución a la producción total anual de hojarasca en el Arroyo fueron *Olneya tesota* y

Tabla 3.3. Contribución relativa (%) de las especies a la producción total de hojarasca en el periodo del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, en los sitios Arroyo, Ladera y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. FC= Forma de crecimiento. A=Arbol, a=Arbusto, H=Hierba y E=Enredadera.

No.	FC	Familia ¹	Especie ²	Arroyo Ladera Planicie		
				(%)		
1	a	MLV	<i>Abutilon incanum</i> (Link) Sweet	0.23	1.21	-
2	a	MIM	<i>Acacia occidentalis</i> Rose	2.28	0.01	-
3	a	MIM	<i>Acacia constricta</i> Benth.	-	-	0.01
4	A	MIM	<i>Acacia willardiana</i> Rose	-	2.46	-
5	a	EUP	<i>Acalypha californica</i> Benth.	0.02	-	-
6	H	AMA	<i>Amaranthus fimbriatus</i> (Torr.) Benth	-	-	0.10
7	H	POA	<i>Aristida adscencionis</i> L.	0.02	-	3.04
8	H	POA	<i>Aristida ternipes</i> Cav.	0.11	-	0.38
9	H	STR	<i>Ayenia filiformis</i> S. Wats.	-	0.05	-
10	H	NYC	<i>Boerhaavia coccinea</i> Miller	-	-	0.04
11	H	POA	<i>Bouteloa barbata</i> Lag.	0.02	-	1.72
12	A	BRS	<i>Bursera fagaroides</i> (H.B.K.) Egl.	-	1.11	-
13	A	BRS	<i>Bursera laxiflora</i> S. Wats.	0.06	1.72	0.71
14	A	BRS	<i>Bursera microphylla</i> A. Gray	-	2.56	-
15	a	CMP	<i>Brickellia coulteri</i> A. Gray	2.65	0.43	-
16	A	CAE	<i>Caesalpinia palmeri</i> S. Wats.	2.74	-	-
17	E	MLP	<i>Callaeum macroptera</i> (DC) D.M. Jonhson	0.17	-	-
18	E	SAP	<i>Cardiospermum corindum</i> Wiggins	1.99	1.17	1.19
19	H	ACA	<i>Carlowrightia arizonica</i> A. Gray	0.02	0.25	0.06
20	H	POA	<i>Cathestecum erectum</i> Vasey & Hack	0.15	1.71	8.01
21	a	ULM	<i>Celtis pallida</i> Torr.	1.32	-	-
22	A	CAE	<i>Cercidium microphyllum</i> (Torrey) Rose & Johnston	0.07	1.11	14.10
23	a	NYC	<i>Commicarpus scandens</i> (L.) Standley	2.99	0.02	0.03
24	a	FAB	<i>Coursetia glandulosa</i> A. Gray	13.93	9.94	< 0.01
25	H	BOR	<i>Crypthantha angustifolia</i> (Torr.) A. Gray	0.02	0.11	0.24
26	H	BOR	<i>Crypthantha pterocarya</i> (Torr.) Greene	-	0.08	-
27	a	EUP	<i>Croton sonorae</i> Torr.	-	28.61	-
28	H	FAB	<i>Dalea mollis</i> Benth.	< 0.01	< 0.01	0.82
29	H	UMB	<i>Daucus pusillus</i> Michx.	< 0.01	1.75	< 0.01
30	H	BRA	<i>Descurainia pinnata</i> (Walt.) Britton	0.04	0.04	0.01
31	H	CMP	<i>Dysoddia concinna</i> (A. Gray) B.L. Robinson	0.01	0.01	0.18
32	a	CMP	<i>Encelia farinosa</i> A. Gray	5.81	0.29	35.68
33	H	HYD	<i>Eucrypta chysanthemifolia</i> (Benth.) Greene	0.02	0.07	-
34	H	EUP	<i>Euphorbia eriantha</i> Benth.	-	-	0.53
35	H	EUP	<i>Euphorbia polycarpa</i> Benth.	-	-	1.72
36	A	FAB	<i>Eysenhardtia orthocarpa</i> (A. Gray) S. Wats.	2.49	1.20	0.01
37	H	CMP	<i>Filago arizonica</i> A. Gray	-	0.14	-
38	A	ZYG	<i>Guaiaacum coulterii</i> A. Gray	1.52	-	0.03
39	a	LAB	<i>Hyptis emoryi</i> Torr.	0.33	-	-
40	E	CUC	<i>Ibervillea sonorae</i> (S. Wats.) Greene	0.07	-	-
41-42	E	MLP	<i>Janusia californica</i> Benth. y <i>Janusia gracilis</i> A. Gray	0.94	1.99	1.48
43	E	MLP	<i>Janusia linearis</i> Wiggins	1.07	0.18	0.51
44	a	EUP	<i>Jatropha cardiophylla</i> (Torr.) Mull. Arg.	4.45	-	2.52
45	A	EUP	<i>Jatropha cordata</i> (Ortega) Mull. Arg.	0.06	23.91	-
46	a	ACH	<i>Justicia californica</i> (Benth.) D. Gibs	-	1.26	-
47	a	RHM	<i>Karwinskia parvifolia</i> Rose	-	-	0.04
48	a	KRM	<i>Krameria erecta</i> Willd.	-	-	0.03
49	a	VRB	<i>Lantana horrida</i> H.B.K.	0.39	-	-

Tabla 3.3 Continuación

50	H	PLM	<i>Linanthus bigelovii</i> (A. Gray) Greene	< 0.01	< 0.01	-
51	H	SCR	<i>Linaria texana</i> Scheele	-	0.01	-
52	H	CRY	<i>Loeflingia squarrosa</i> Nutt.	-	-	0.01
53	a	SOL	<i>Lycium berlandieri</i> Dunal	0.37	1.30	1.38
54	a	SOL	<i>Lycium exsertum</i> A. Gray	1.69	-	-
55	H	FAB	<i>Marina parryi</i> (A. Gray) Torr. & A. Gray	< 0.01	-	1.22
56	E	ASC	<i>Marsdenia edulis</i> S. Wats.	0.01	-	-
57	E	CUC	<i>Merremia palmeri</i> (S. Wats.) Hallier	3.94	0.64	-
58	a	MIM	<i>Mimosa distachya</i> Cav.	4.92	6.10	6.12
59	E	FAB	<i>Nissolia schottii</i> (Torrey) A. Gray	0.55	1.36	-
60	A	FAB	<i>Olneya tesota</i> A. Gray	21.93	< 0.01	9.01
61	a	CAC	<i>Opuntia arbuscula</i> Engel.	2.32	-	0.02
62	a	CAC	<i>Opuntia versicolor</i> Engel.	1.48	0.02	-
	a	CAC	<i>Opuntia</i> spp. ³	1.08	< 0.01	-
63	H	BOR	<i>Pectocarya recurvata</i> I.M. Johnston	0.07	0.04	0.76
64	H	POA	<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link	0.43	0.21	0.02
65	H	CMP	<i>Perityle californica</i> Benth.	1.09	1.72	0.19
66	H	HYD	<i>Phacelia crenulata</i> Torr. ex S. Wats.	0.01	0.02	-
67	a	PHT	<i>Phaulothamnus spinescens</i> A. Gray	8.04	0.09	0.28
68	A	MIM	<i>Prosopis velutina</i> Wooton	0.18	-	0.03
69	a	RUB	<i>Randia obcordata</i> S. Watson	0.82	0.02	< 0.01
70	H	CMP	<i>Trixis californica</i> Kell.	0.02	-	-
			Material no identificado	4.81	3.75	4.17
			Gramíneas no identificadas	0.27	1.42	3.59
			Arboles	29.05	34.07	23.89
			Arbustos	55.14	49.30	46.11
			Hierbas	2.28	7.63	22.64
			Enredaderas	8.74	5.34	3.18

¹ Acrónimo de las familias según Weber (1982).

² Nomenclatura de las especies según Shreve & Wiggins (1964).

³ *Opuntia* spp. incluye: *O. arbuscula*, *O. versicolor* y *O. fulgida*.

Coursetia glandulosa, en la Ladera *Croton sonorae* y *Jatropha cordata* y en la Planicie *Encelia farinosa* y *Cercidium microphyllum*. Es decir, las especies de mayor contribución a la producción anual de hojarasca son diferentes para cada sitio. La contribución porcentual de cada especie a la producción total anual de hojarasca se presenta en la Tabla 3.3.

Las curvas de diversidad muestran que son muy pocas las especies con una contribución de hojarasca importante a la producción total anual (Fig. 3.2). De hecho, sólo cinco especies en Planicie, siete en Ladera y 12 en Arroyo aportaron el 75% del total anual en cada sitio. El sitio Arroyo tiene el mayor número de especies, aunque un alto número de éstas (32) contribuyeron muy poco a la producción total del sitio (menor al 1%).

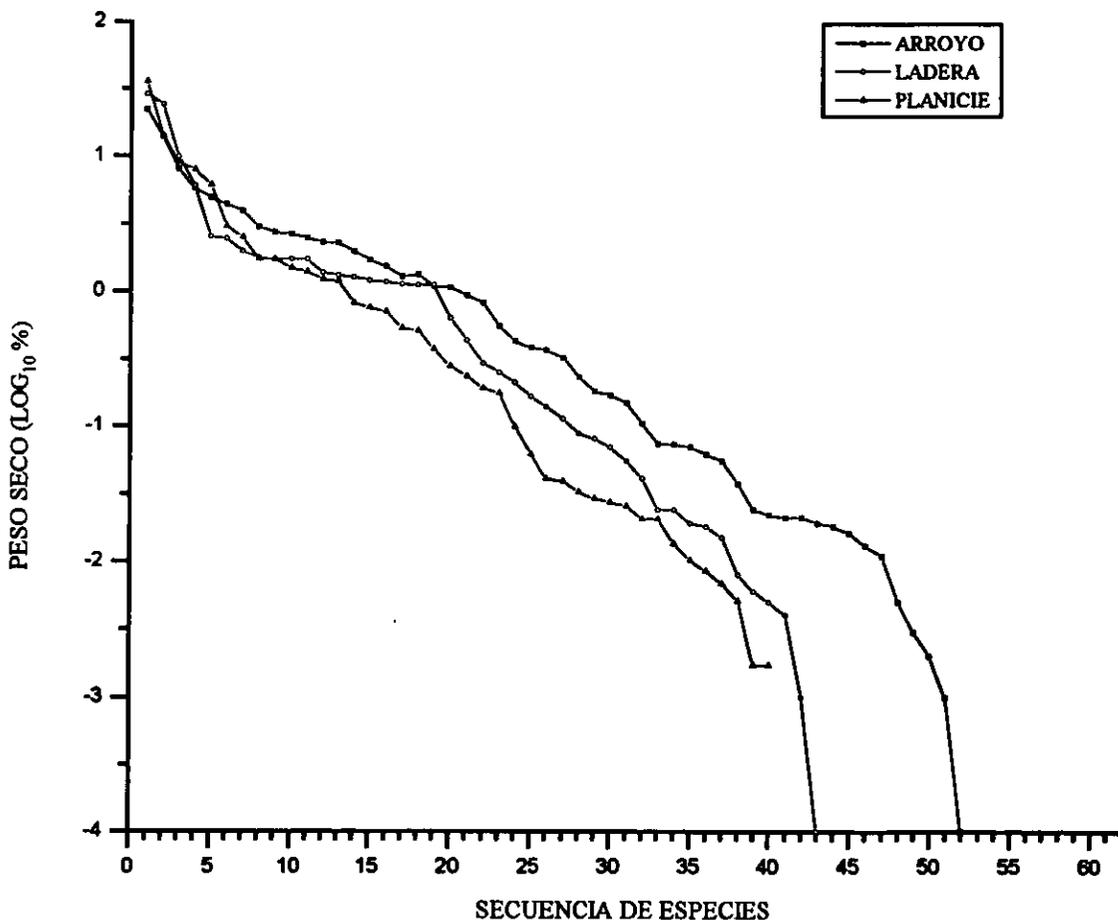


Figura 3.2. Contribución relativa de las especies ($\text{LOG}_{10}\%$) a la producción total de hojarasca en el período del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, en los sitios Arroyo, Ladera y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

v) Tasas diarias de producción de hojarasca por especie

Sitio Arroyo

Las tasas diarias de producción de hojarasca se muestran para las ocho especies más importantes en contribución a la producción total anual de hojarasca. Estas fueron: *Coursetia glandulosa*, *Encelia farinosa*, *Eysenhardtia orthocarpa*, *Jatropha cardiophylla*, *Merremia palmeri*, *Mimosa distachya*, *Olneya tesota* y *Phaulothamnus spinescens*. Las especies elegidas contribuyeron en conjunto con el 65% del total de hojarasca capturada durante este año de estudio (Tabla 3.3).

Coursetia glandulosa tuvo una máxima caída de hojas en noviembre (Fig. 3.3a). La caída de ramas presentó un máximo en agosto, mes en que se presentaron fuertes vientos y otro aumento en noviembre. *Encelia farinosa* tiró en agosto las hojas producidas al inicio del verano y en abril las hojas que se producen en invierno (Fig. 3.3a). La máxima caída de todos los demás componentes fue en abril, es decir en el período de sequía. Para *Eysenhardtia orthocarpa* el período de mayor caída se extendió de agosto a diciembre con un máximo en octubre. En cambio, *Jatropha cardiophylla* presentó su valor máximo de caída de follaje en septiembre y de ramas en octubre, con un segundo pulso en enero (Fig. 3.3a). La pérdida de hojas de *Phaulothamnus spinescens* fue de abril a junio durante el período de sequía, y la de ramas en septiembre, es decir nuevamente coincidió con el mes con fuertes vientos (Fig. 3.3b). El follaje de *Olneya tesota* cayó de marzo a mayo, las flores cayeron en gran cantidad un mes después (junio), y las vainas de los frutos hasta julio (Fig. 3.3b). *Mimosa distachya* tuvo un período de pérdida de follaje muy marcado de septiembre a noviembre, semejante al patrón observado en *Merremia palmeri* (Fig. 3.3b).

Se encontró que en las ocho especies estudiadas las hojas fueron el componente más abundante (47-84%; Fig. 3.4), siendo *Phaulothamnus spinescens* la especie que presentó la mayor proporción de este componente. La importancia del resto de los componentes a la producción total de hojarasca varió de acuerdo con la especie. Así, el porcentaje de contribución de hojas y ramas en *Jatropha cardiophylla* fue semejante y no se registró la caída ni de semillas ni de frutos. También en *Coursetia glandulosa* una gran proporción de la hojarasca son hojas y ramas, pero a diferencia de *J. cardiophylla*, si hubo

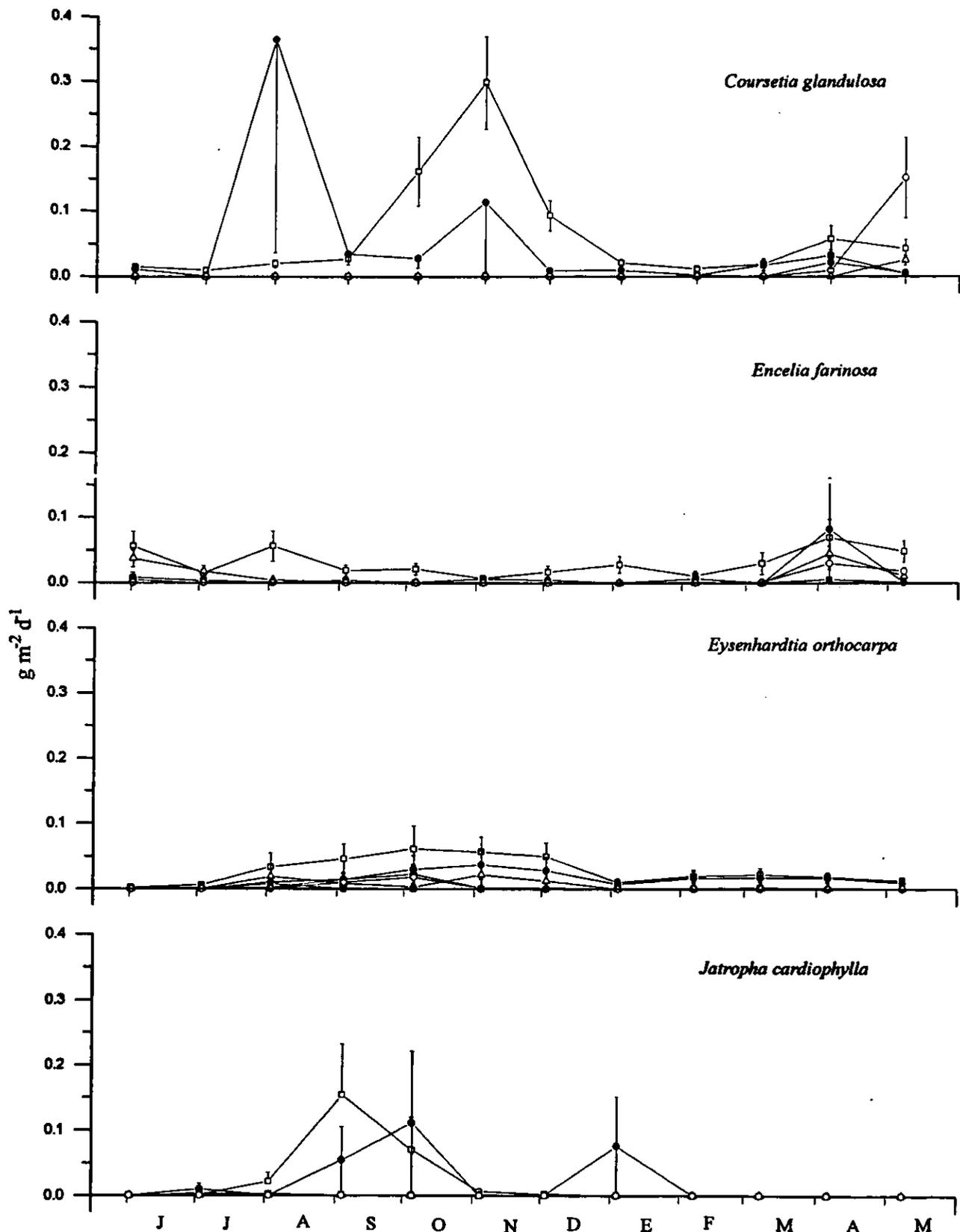


Figura 3.3a. Tasas diarias de producción de hojarasca ($g\ m^{-2}\ d^{-1} \pm 1\ E.E.$) por componente: (—□—) hojas, (—●—) ramas, (—△—) semillas, (—■—) flores y (—○—) frutos en el periodo del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, de las especies más importantes en el Sitio Arroyo, en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

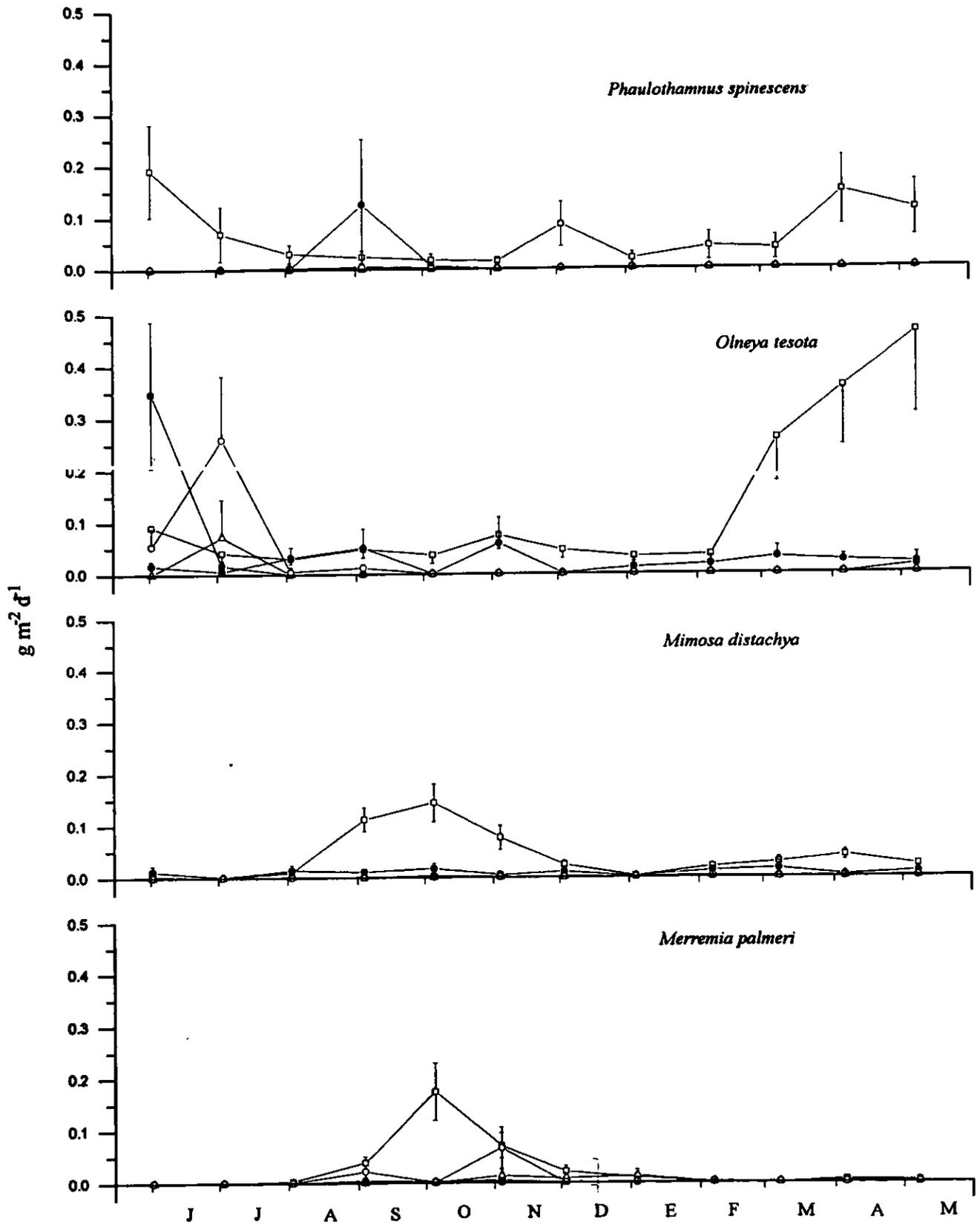


Figura 3.3b. Tasas diarias de producción de hojarasca ($g\ m^{-2}\ d^{-1} \pm 1\ E.E.$) por componente: (—□—) hojas, (—●—) ramas, (—△—) semillas, (—■—) flores y (—○—) frutos en el periodo del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, de las especies más importantes en el sitio Arroyo, en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

aportación del resto de los componentes. La contribución relativa de hojas y ramas de *Phaulothamnus spinescens* fue parecida a las proporciones aportadas por *Mimosa distachya*, pero su contribución de frutos fue mayor.

La especie que produjo la mayor proporción de frutos fue *Merremia palmeri* (20%), de semillas *Encelia farinosa* (18%), de flores *Olneya tesota* (16%) y de ramas *Jatropha cardiophylla* (50%).

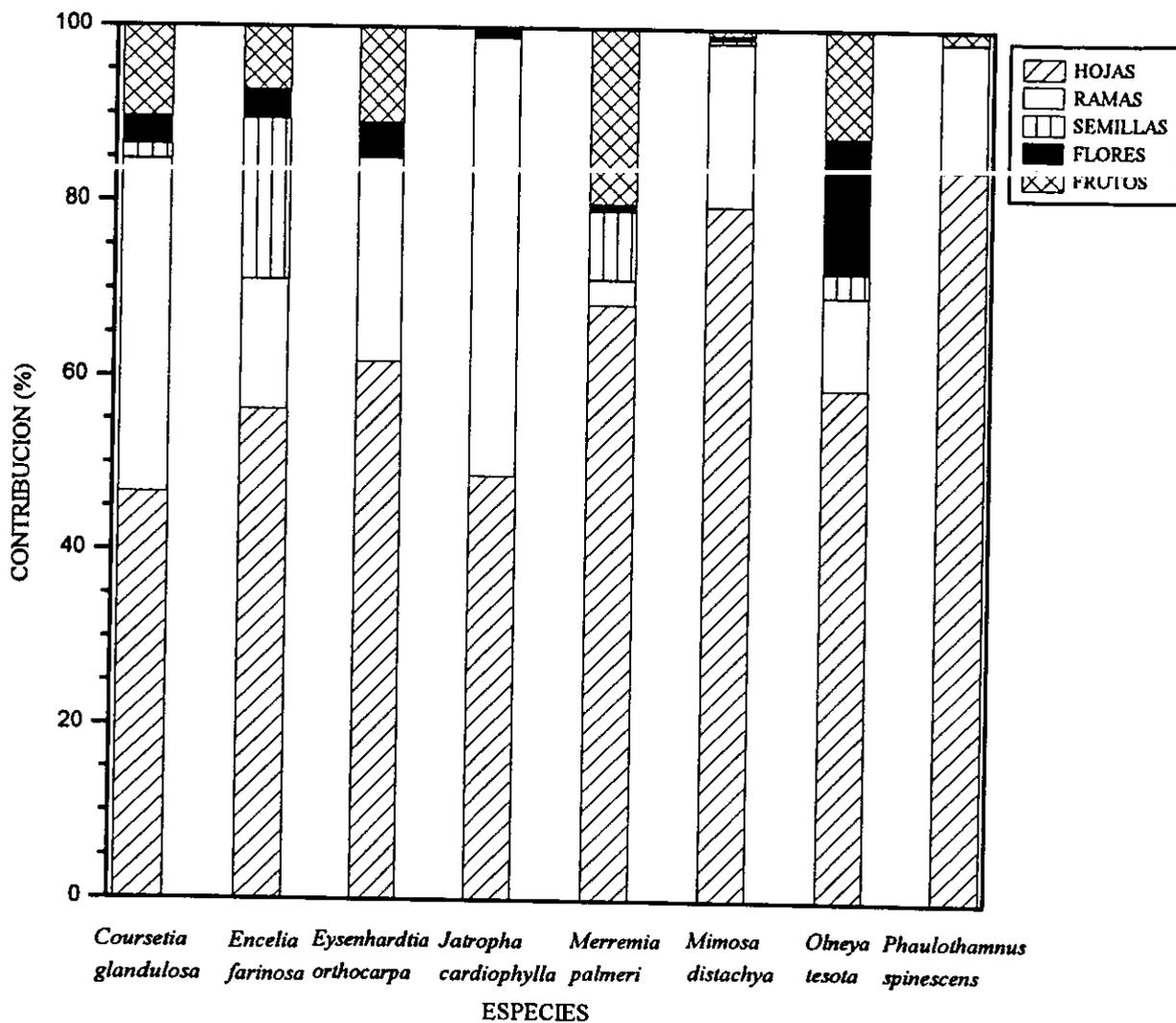


Figura 3.4. Contribución porcentual por componente a la producción total de hojarasca de las especies más importantes en el periodo del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, en el Sitio Arroyo del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

Sitio Ladera

Para este sitio, se eligieron las cuatro especies de mayor contribución a la producción total de hojarasca y que forman el 68.6%. Estas fueron: *Coursetia glandulosa*, *Croton sonorae*, *Jatropha cordata* y *Mimosa distachya* (Tabla 3.3). El patrón de caída de hojarasca de estas especies se presenta en la Fig. 3.5. *Coursetia glandulosa* presentó el periodo de mayor caída de hojas entre octubre y diciembre, al igual que *Croton sonorae*. Esta última especie presentó un segundo pulso de pérdida de hojas de abril a junio. También, en abril tuvo una caída importante de ramas. En contraste, *Jatropha cordata* tiró el follaje entre agosto y septiembre, con un máximo de caída de ramas en mayo. *Mimosa distachya* tiró las hojas de octubre a diciembre y las ramas en agosto.

Con respecto al porcentaje de contribución por componente de las especies del sitio Ladera, *Jatropha cordata*, al igual que *J. cardiophylla* del Arroyo, presentó una proporción semejante de hojas y de ramas. *Mimosa distachya* también tuvo un aporte importante de ramas; en cambio, *Coursetia glandulosa* tuvo un porcentaje de contribución de ramas, flores y frutos muy semejante. *Croton sonorae* fue la especie con la mayor contribución porcentual de hojas (71%) y de semillas (2%), *Jatropha cordata* de ramas (46%) y *Coursetia glandulosa* de flores y frutos (9%; Fig. 3.6).

Sitio Planicie

En el sitio Planicie fueron tres las especies más importantes por su contribución a la producción total de hojarasca: *Encelia farinosa*, *Olneya tesota*, y *Cercidium microphyllum*, las cuales contribuyeron juntas con el 58.8% de la hojarasca (Tabla 3.3). Las hojas de la especie perennifolia *Olneya tesota* cayeron durante todo el año, con un periodo de mayor recambio foliar de marzo a mayo, como se observó en las especies deciduas (Fig. 3.7). Al igual que en el sitio Arroyo, se registraron muchas flores en junio y frutos en julio. Las hojas de *Encelia farinosa* también se perdieron durante todo el año, con pulsos de mayor caída de marzo a agosto. Además, el mayor aporte de semillas y de ramas fue en abril, y la lluvia de semillas se extendió hasta junio. *Cercidium microphyllum* experimentó mayor caída del follaje en marzo y abril y en menor cantidad en diciembre. Las flores de esta especie cayeron en abril y mayo y las ramas en septiembre.

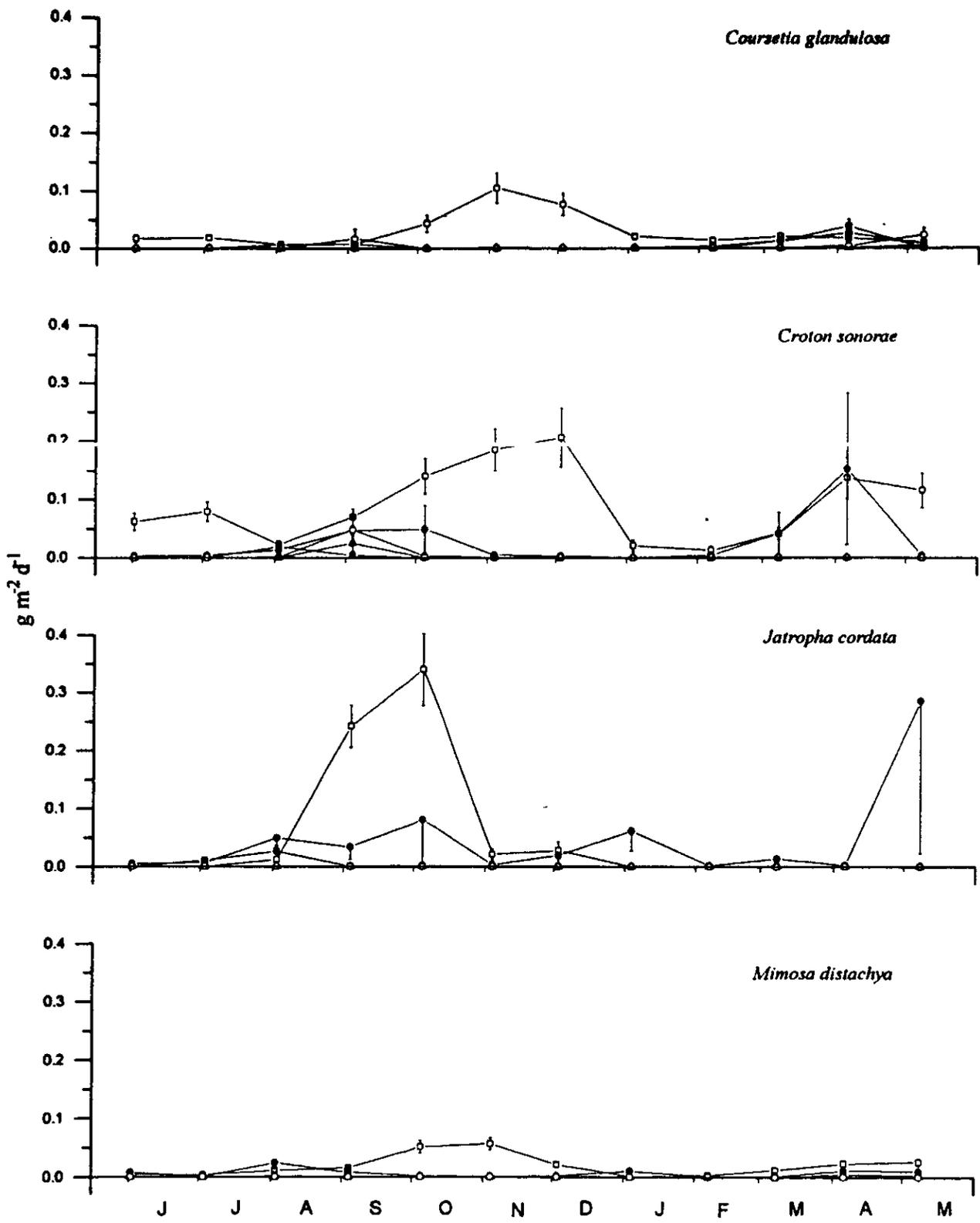


Figura 3.5. Tasas diarias de producción de hojarasca ($g\ m^{-2}\ d^{-1} \pm 1\ E.E.$) por componente: (—○—) hojas, (—●—) ramas, (—◇—) semillas, (—■—) flores y (—○—) frutos en el periodo del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, de las especies más importantes en el sitio Ladera, en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

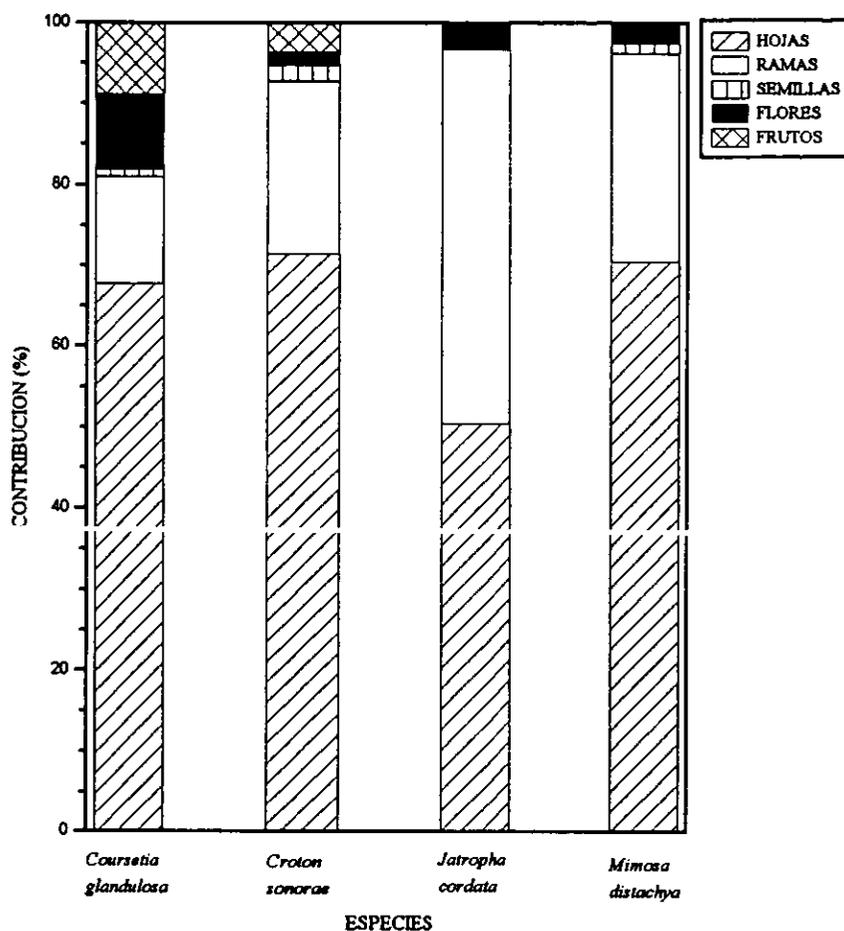


Figura 3.6. Contribución porcentual por componente a la producción total de hojarasca de las especies más importantes en el período del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, en el Sitio Ladera del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

El porcentaje de contribución por componente en este sitio varió entre las especies (Fig. 3.8). *Olneya tesota* fue la especie con la mayor fracción de material fotosintético y *Encelia farinosa* de semillas (23%). En cambio, *Cercidium microphyllum* fue la especie con los mayores porcentajes de ramas (11%), flores (34%) y frutos (3%).

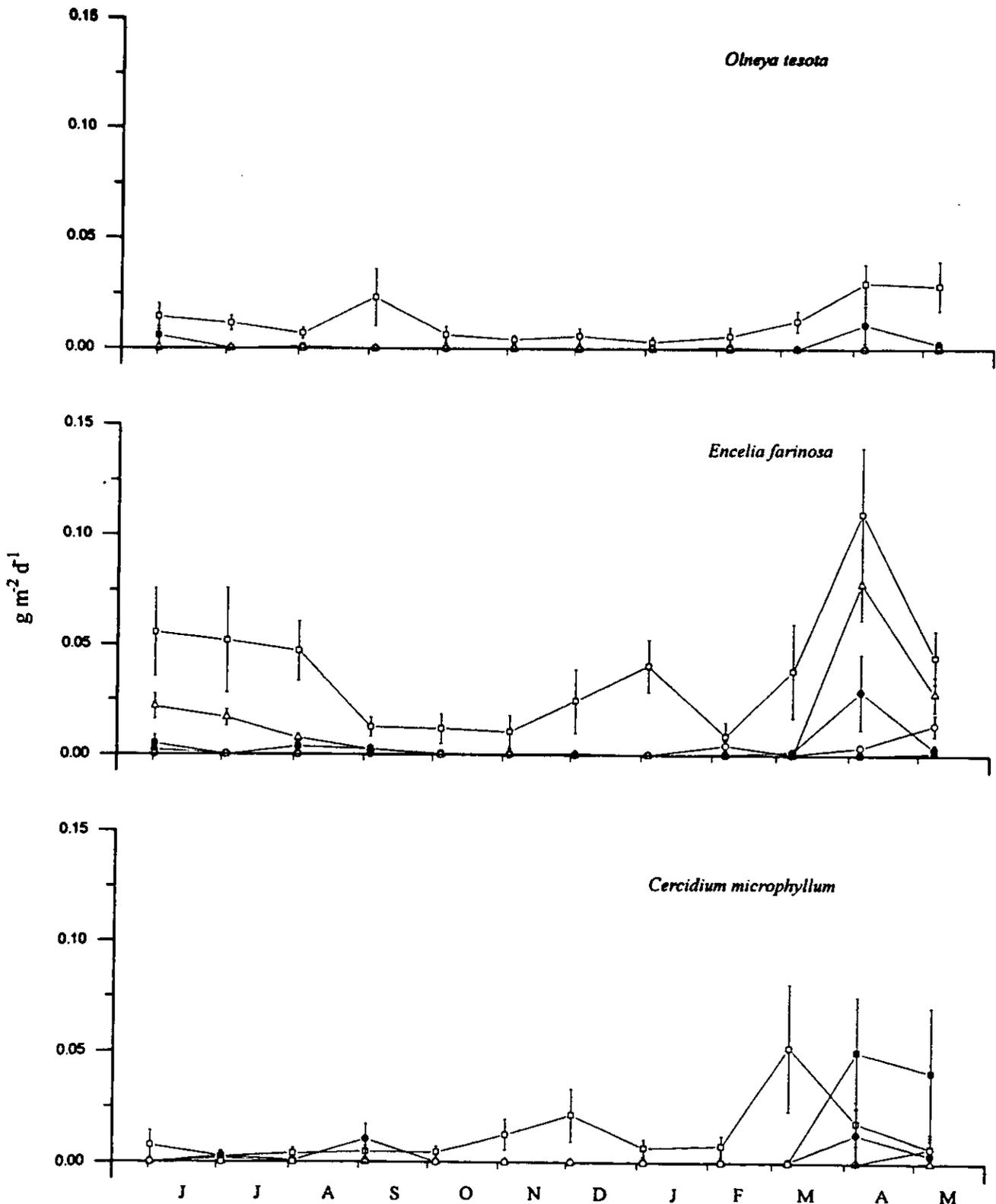


Figura 3.7. Tasas diarias de producción de hojarasca ($g\ m^{-2}\ d^{-1} \pm 1\ E.E.$) por componente: (—□—) hojas, (—●—) ramas, (—△—) semillas, (—■—) flores y (—○—) frutos en el período del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, de las especies más importantes en el sitio Planicie, en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

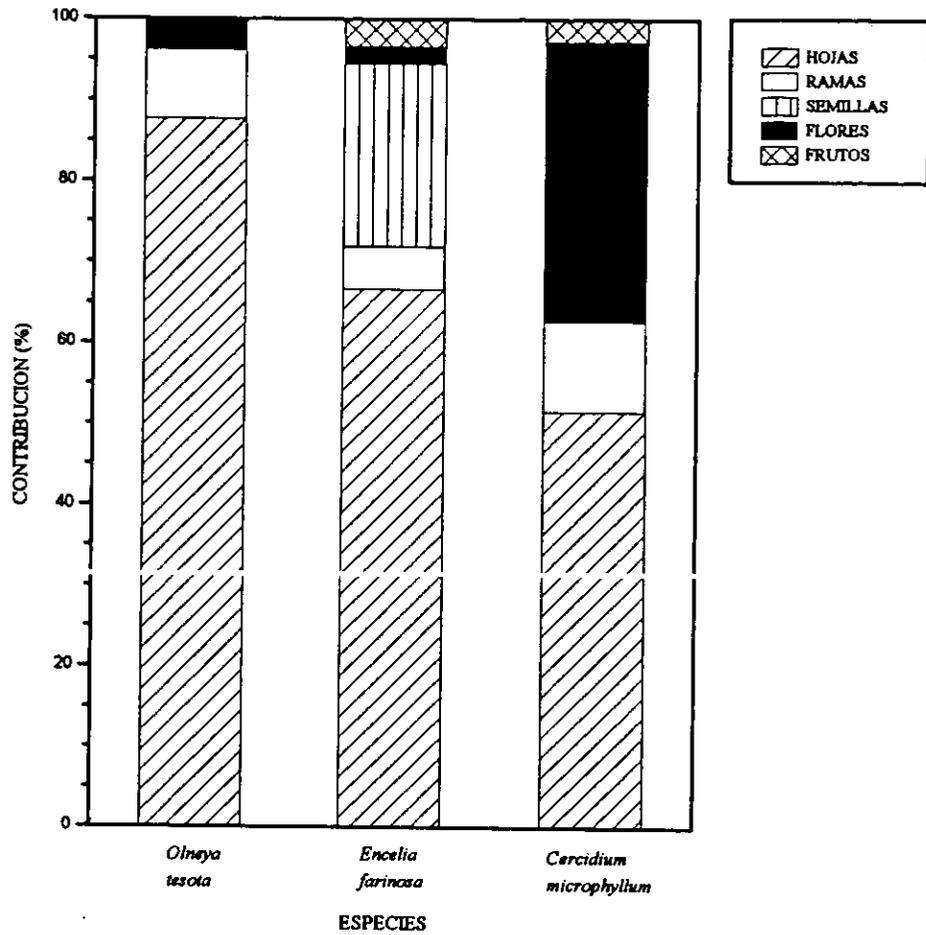


Figura 3.8. Contribución porcentual por componente a la producción total de hojarasca de las especies más importantes en el periodo del 16 de mayo de 1992 al 16 de mayo de 1993, en el Sitio Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

DISCUSION

i) Tamaño de trampa y diseño experimental

La producción anual de hojarasca estimada en este estudio no difirió con la reportada por Martínez-Yrizar, *et al.* (datos no publicados) con el uso de trampas más grandes, de 18 cm de diámetro, colocadas en estos mismos sitios. En el sitio Arroyo, además de estos dos tipos de trampas se colocaron trampas con el diseño propuesto por el Programa Internacional de Biología (IBP, trampas cónicas de 50 cm de diámetro) que son usadas en lugares de vegetación arborea. En esta comparación tampoco se encontraron diferencias entre los tres tipos de trampa, excepto en meses con gran producción de plantas anuales de invierno ya que las trampas del tipo IBP no las capta debido a su posición a 50 cm por arriba del nivel del suelo. Por lo tanto, el tamaño de la trampa utilizado se consideró adecuado para la colecta de la hojarasca en los sitios de estudio. Además, la mayoría de las hojas de las especies en estas comunidades son pequeñas (2 a 5 cm sin superar los 10 cm de longitud) y numerosas especies de hojas pinadas y bipinadas, con folíolos y folíolulos muy pequeños, es decir, el área de captación de la trampa resultó ser más grande que cualquier componente de la hojarasca de las especies del sistema.

El diseño sistemático del muestreo se consideró adecuado para estimar la producción anual de hojarasca. Para probarlo se tomaron aleatoriamente 20 de las 40 trampas, y los promedios de la producción anual usando las 20 trampas, se compararon con la estimación anual basada en 40 trampas colocadas sistemáticamente y se encontró que no hubo diferencias significativas entre dichas estimaciones.

ii) Comparación de la producción total de hojarasca con otras comunidades vegetales

La producción total de hojarasca en los tres sitios estudiados es congruente con la observada para otras zonas áridas. Los valores de producción en Arroyo y Ladera son mayores que los reportados por Maya y Arriaga (1996) para el matorral xerófilo de Baja California Sur. En cambio, el sitio Planicie presentó una producción menor (Tabla 3.4). Esto enfatiza las diferencias estructurales entre

Tabla 3.4. Producción total de hojarasca ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) en diferentes regiones áridas y en sitios selectos de selva baja caducifolia.

COMUNIDAD VEGETAL Y LOCALIDAD	HOJARASCA TOTAL ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$)	PERIODO DE MUESTREO (años)	REFERENCIA
Desierto Sonorense			
Baja California Sur, México	1.2	3	Maya y Arriaga (1996)
Sonora, México		1	Este estudio
Arroyo	3.6		
Ladera	1.6		
Planicie	0.6		
Desierto de Mojave			
Nevada, E.U.	0.19-0.53	1	Strojan <i>et al.</i> (1979)
Matorral de Piedemonte			
Mendoza, Argentina			Martínez-Carretero y Dalmasso (1992)
Comunidad de <i>Larrea cuneifolia</i>	4.71	1	
Comunidad de <i>Larrea divaricata</i>	2.02	1	
Selva baja caducifolia			
Calabozo, Venezuela	8.2	1	Medina y Zelwer (1972)
Ibadan, Nigeria	5.6	1	Madge (1965)
Guánica, Puerto Rico	2.9	2	Lugo <i>et al.</i> (1978)
Belize	4.3	1	Arnason y Lambert (1982)
Jalisco, México			Martínez-Yrizar y Sarukhán (1990)
Valle	6.6	5	
Colina	4.0	5	
Cuenca I			Martínez-Yrizar <i>et al.</i> (1996)
Parcela superior	3.3	10	
Parcela intermedia	3.2	10	
Parcela inferior	4.2	10	
Quintana Roo, México	5.0-7.7	4	Whigham <i>et al.</i> (1990)
Sobral, CE, Brasil	2.9-3.1	3	Schacht <i>et al.</i> (1989)

comunidades que pertenecen al Desierto Sonorense y que se reflejan en diferencias de productividad.

La Planicie, un sitio típico del desierto produjo $0.6 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ de hojarasca, dato mayor al reportado por Strojan, *et al.* (1979) para una comunidad arbustiva a 1000 m sobre el nivel del mar y con temperaturas de hasta $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en el Desierto de Mojave (Tabla 3.4).

En Argentina es notable que la producción de hojarasca para una comunidad de *Larrea cuneifolia* es mayor a la de cualquier sitio en este estudio, sin embargo la comunidad de *L. divaricata* reportó una producción que está dentro del rango reportado para el sitio Arroyo (Tabla 3.4).

La producción anual total de hojarasca estimada en las tres comunidades fue inferior a la obtenida para distintas comunidades de selva baja caducifolia, que también presentan patrones de caída de hojarasca estacional (Madge, 1965; Medina y Zelwer, 1972; Arnason y Lambert, 1982; Martínez-Yrizar y Sarukhán, 1990; Whigham *et al.*, 1990; Martínez-Yrizar *et al.*, 1996; Tabla 3.4). Esto se atribuye a la escasa precipitación, uno de los principales factores que determinan la producción en una comunidad (Whittaker, 1975) y que es menor en los desiertos. Estos valores de producción indican que aunque los extremos más bajos de biomasa vegetal y productividad, en promedio, ocurre en los desiertos, en algunos sitios dentro de los desiertos (comunidades xeroriparias) y en ciertas épocas del año (con precipitaciones por arriba del promedio, particularmente en el invierno), los desiertos alcanzan altos niveles de productividad y biomasa que caen dentro del intervalo de las selvas, los pastizales templados y tropicales, matorrales y bosques (Noy-Meir, 1985; Ludwig, 1987).

iii) Aspectos estructurales y de disponibilidad de agua en la producción de hojarasca

Las diferencias de producción entre los tres sitios de este estudio se atribuye a las diferencias en la riqueza de especies, de estructura, de biomasa por unidad de área de los sitios y de los efectos directos de la pendiente y las características del suelo en la fitomasa (Martínez-Yrizar y Sarukhán, 1990). Esto último concuerda con la relación existente entre la producción de hojarasca con la fitomasa en los desiertos encontrada por Rodin & Bazilevich (1967) citado por Strojan *et al.*, (1979). Anteriormente, Bray y Gorham (1964) también encontraron que la magnitud de la caída de hojarasca está íntimamente relacionada con la producción primaria.

Noy-Meir (1973) sugiere que una estimación razonable de la producción vegetal en la mayoría de

las zonas áridas puede ser determinada con un análisis de regresión lineal entre la producción (o biomasa) y la precipitación. Sin embargo, a nivel local la relación se puede modificar como menciona este mismo autor, por factores tales como la intensidad, frecuencia y tiempo de precipitación, topografía, densidad de la vegetación, y condiciones edáficas (materia orgánica, mineralización y disponibilidad de nutrientes en particular N y P). Estos factores son muy variables en los desiertos y quedan aún por analizarse con detalle en los sitios de estudio.

iv) Estacionalidad en la producción de hojarasca

El patrón de caída de hojarasca es marcadamente estacional y bimodal, y está determinado por los dos períodos de lluvia registrados en el Desierto Sonorense, y por lo tanto por las dos estaciones anuales de crecimiento de la vegetación de las comunidades estudiadas. Dependiendo básicamente de la cantidad de agua aportada por las precipitaciones y las condiciones del suelo e hidrología en los sitios, la producción de hojarasca puede variar entre las estaciones de crecimiento. Por ejemplo, se ha observado que en el sitio Planicie en años de abundantes lluvias de invierno la caída total de hojarasca correspondiente a la producción de invierno aumenta considerablemente (Martínez-Yrizar *et al.*, datos no publicados).

El patrón observado de la caída de hojarasca está determinado principalmente por la variación estacional de la caída de las hojas (componente de mayor aportación a la producción total de hojarasca), pero la fenología de las especies afectan este patrón, es decir, si las especies son perennifolias o si tiran las hojas principalmente en el verano o en invierno. El patrón de caída en el año estuvo influenciado por la caída de ramas ocasionada por la acción del viento. Esto sugiere la importancia del viento en promover la caída de hojarasca.

La magnitud de la pérdida depende además de los efectos de otros factores como la deficiencia mineral, el fotoperíodo, las características del suelo y la disponibilidad de agua en cada uno de los sitios. Sin embargo, estos factores aún no han sido evaluados para estos sitios.

La caída de estructuras reproductivas en las trampas fue extremadamente variable entre las especies y se cree que en este estudio estuvo subestimada. Esto posiblemente como consecuencia del alto

forrajeo de semillas que puede alcanzar hasta el 95% en los desiertos (Noy-Meir, 1985). Otra posible explicación es el efecto de la herbivoría de flores y frutos y que se considera que podría ser importante para las especies de estos sitios (Díaz Calva, datos no publicados). Estas pérdidas no fueron consideradas en la evaluación de producción en este trabajo.

La contribución de los componentes puede variar entre años y aún la producción total de hojarasca, esto indica la importancia de extender este tipo de estudios a varios años de muestreo que nos permita captar la variabilidad interanual en la caída de hojarasca. Esta variabilidad es consecuencia de cambios en los procesos del ecosistema debido a fluctuaciones climáticas en períodos de pocos años. Así, como también a la variabilidad en la cantidad total anual y distribución estacional de la lluvia en un año, de un año a otro, o de la secuencia de años lluviosos y secos (Wiens, 1976).

v) Contribución a la producción total de hojarasca por las especies

Con respecto a la contribución total de hojarasca de las especies, se encontró que las especies dominantes de cada comunidad son también las más importantes en su contribución a la producción de hojarasca y, se pueden considerar como buenas indicadores de los patrones de producción de hojarasca. Sin embargo, es necesario realizar un análisis más detallado que incluya a todas las especies ya que en el sitio Planicie las gramíneas, por ejemplo, tuvieron una contribución muy importante de semillas y su patrón fenológico puede diferir del patrón descrito para las otras especies perennes.

Existen especies que son comunes a los tres sitios que tienen una contribución muy diferente a la producción total de hojarasca pero el patrón de producción es igual, como *Encelia farinosa*. Especies como *Mimosa distachya* que tiene una contribución similar a la producción total en los tres sitios y la marcha en la producción también es igual. En cambio, hay especies con contribución muy grande solo para un sitio como *Jatropha cordata* y *Croton sonora* en la Ladera. Lo anterior tiene que ver con la estructura de cada una de las tres comunidades y lo que refleja la importancia de realizar el estudio comparativo en esta zona de estudio.

REFERENCIAS

- Arnason, J.T. y Lambert, J.D.H. 1982. Nitrogen cycling in the seasonally dry forest zone of Belize, Central America. *Plant and Soil* 67: 333-342.
- Bray, J.R. y Gorham, E. 1964. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research* 2: 101-157.
- Ludwig, J.A. 1987. Primary productivity in arid lands: myths and realities. *Journal of Arid Environments* 13: 1-7.
- Lugo, A., González-Liboy, J.A., Cintrón, B. y Dugger, K. 1978. Structure, productivity and transpiration of a subtropical dry forest in Puerto Rico. *Biotropica* 10: 278-291.
- Madge, D.S. 1965. Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. *Pedobiologia* 5: 273-288.
- Martínez-Carretero, E. y Dalmaso, A.D. 1992. Litter yield in shrubs of *Larrea* in the andean piedmont of Mendoza, Argentina. *Vegetatio* 101: 21-35.
- Martínez-Yrizar, A. y Sarukhán, J. 1990. Litterfall patterns in a tropical deciduous forest in Mexico over a five-year period. *Journal of Tropical Ecology* 6: 433-444.
- Martínez-Yrizar, A., Maass, J.M., Perez-Jimenez, L.A. y Sarukhán, J. 1996. Net primary productivity of a tropical deciduous forest ecosystem in western Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 12: 169-175.
- Maya, Y. y Arriaga, L. 1996. Litterfall and phenological patterns of the dominant overstorey species of a desert scrub community in north-western Mexico. *Journal of Arid Environments* 34: 23-35.
- Medina, E. y Zelwer, M. 1972. Soil respiration in tropical plant communities. Pp. 245-267. En: Golley, P. y Golley, F.B. (eds.). *Tropical Ecology, with Emphasis on Organic Matter Production*. Proceedings of the Second International Symposium of Tropical Ecology. Institute of Ecology, University of Georgia, Athens. 418 pp.
- Meentemeyer, V., Box, E.O. y Thompson, R. 1982. World patterns and amounts of terrestrial plant

CAPITULO IV

DESCOMPOSICION DEL MANTILLO

INTRODUCCION

El carbono fijado por los organismos fotosintéticos abastece de carbono orgánico a los otros componentes del ecosistema vía herbívoros o detritívoros. En los ecosistemas donde los herbívoros consumen una fracción modesta de la producción, la productividad primaria neta entra (el 80% o más) a la vía del detritus constituyéndose en el principal determinante del flujo de carbono fijado por las plantas (Whitford *et al.*, 1982; Polis, 1991). Después de la caída de hojarasca, el mantillo acumulado en la superficie del suelo representa un almacén provisional de elementos que se liberan gradualmente, garantizando el aporte permanente de nutrientes al suelo (Hernández *et al.*, 1992). En algunos ecosistemas, como los bosques perennifolios, el mantillo constituye uno de los principales sitios de almacenamiento de carbono (Vitousek, 1982; Vogt *et al.*, 1986). Además de la importancia de este componente en el ciclaje de nutrientes en el ecosistema, el mantillo puede aumentar la densidad de las plantas (Carson y Peterson, 1990), ya que modifica el microclima y las características químicas del suelo (West, 1979). Además, tiene un papel muy importante en el suelo de bosques tropicales, ya que funciona como un filtro de luz, manteniendo las reservas de semillas en latencia (Vázquez-Yanes *et al.*, 1990).

Las variaciones temporales del mantillo están relacionados con la estacionalidad de la caída de hojarasca y el proceso de descomposición, que se lleva a cabo principalmente por la acción de la microflora y fauna del suelo. La sucesión de estos organismos durante la descomposición es muy compleja e involucra numerosas especies (Swift *et al.*, 1979; Aber y Melillo, 1991). Se ha reportado que la actividad de los organismos descomponedores está influenciada por la temperatura, la humedad, pH y textura del suelo, y la composición bioquímica de la hojarasca (Swift *et al.*, 1979; Facelli y Pickett, 1991; Couteaux *et al.*, 1995; Cornelissen y Thompson, 1997) así como por la disponibilidad de N y de C lábil "exógeno" para la descomposición del mantillo (Melillo *et al.*, 1989).

Bajo condiciones climáticas similares, las tasas de descomposición son reguladas por la calidad del sustrato, la cual depende de la composición química y de la estructura física del mantillo, características

que en su conjunto se les conoce como calidad del sustrato (Swift *et al.*, 1979). La calidad del sustrato es muy importante en cualquier fase de la descomposición, ya que la deficiencia de algún elemento puede limitar la actividad microbiana impidiendo la liberación de nutrientes que a su vez determinan la tasa de consumo por los organismos del suelo. La calidad del mantillo está determinada por el contenido inicial de N o el cociente C:N en su composición bioquímica, aunque, el P o el cociente C:P puede también afectar las tasas de descomposición (Schlesinger y Hasey, 1981). Otra característica de la composición del mantillo y que controla la descomposición es el contenido inicial de lignina (Meentemeyer, 1978) o el cociente lignina:N (Melillo *et al.*, 1982) que depende de la proporción de cada uno de los componentes que forman el mantillo (hojas, ramas, frutos etc.) que varían en calidad. Por ejemplo, las raíces finas (con mayor contenido de lignina) generalmente se descomponen más lentamente que las hojas (Aber y Melillo, 1991).

En la mayoría de las regiones áridas, el contenido de nitrógeno, fósforo y materia orgánica en los suelos es bajo (West, 1981), mientras la productividad vegetal está limitada principalmente por el agua (Noy-Meir, 1973). La deficiencia en nutrientes esenciales resulta de una combinación de tasas bajas de descomposición y una alta demanda de nutrientes mayor a su restablecimiento debido a los pulsos de rápido crecimiento después de la precipitación (Hadley y Szarek, 1981). Por lo tanto, los intervalos de descomposición y mineralización son reguladores importantes de la producción primaria en zonas áridas (Zak y Freckman, 1991).

En los desiertos, los factores que afectan las tasas de descomposición dependen de las características particulares del sitio. La descomposición mediada por los microorganismos se limita a períodos cortos del año, cuando la humedad de la superficie del suelo es adecuada (Hadley y Szarek, 1981; Noy-Meir, 1985). Por lo tanto, durante los extensos períodos secos, la descomposición microbiana es escasa o nula (Martinez y Dalmaso, 1992) y permite la acumulación de la materia orgánica en carpetas discontinuas, principalmente en áreas protegidas del viento, por ejemplo alrededor de la base de los arbustos o en depresiones de la superficie del suelo (West, 1979). Este patrón de acumulación es de considerable importancia, ya que influye en el establecimiento de plántulas, el ciclaje

de nutrientes y la actividad de invertebrados de los ecosistemas desérticos. Durante el periodo de sequía, los restos vegetales están sujetos a la acción abrasiva del viento, a la fragmentación física, y a la insolación, que favorece su descomposición en la siguiente estación húmeda. Sólo la madera muerta y los tallos más resistentes pueden permanecer en la superficie del desierto por más tiempo (Hall *et al.*, 1964).

El consumo por los detritívoros invertebrados del suelo, también es muy importante en la desaparición de la materia orgánica acumulada. Estos organismos son uno de los componentes más abundantes en los desiertos e incluye a artrópodos, nemátodos, termitas, isópodos, ácaros, milípedos y hormigas (Santos *et al.*, 1978). Las termitas tienen un papel destacado en el flujo de energía y ciclo de nutrientes en zonas áridas. Su importancia radica en el efecto que ejercen sobre las propiedades químicas e hidrológicas del suelo, sobre el crecimiento y la composición de la vegetación y sobre la remoción de la materia orgánica. Los trabajos realizados sobre las termitas en los desiertos han mostrado su importancia en la degradación del mantillo, como en el Desierto Chihuahuense este efecto ha sido evaluado por Johnson y Whitford (1975), Fowler y Whitford (1980), Santos y Whitford (1981), Whitford *et al.* (1982), Silva *et al.* (1985), MacKay *et al.* (1987), MacKay (1991), Whitford (1991), y Parker *et al.* (1982). Para el Desierto Sonorense sólo se conocen los trabajos de Nutting *et al.* (1975, 1987), quienes estimaron que las termitas subterráneas consumen cerca del 90% de la madera muerta y que las especies involucradas en el recambio del suelo, la descomposición del mantillo y el ciclo de nutrientes son *Gnathamitermes perplexus* y *Heterotermes aureus*.

A pesar de la importancia del proceso de descomposición del mantillo, y por lo tanto en la disponibilidad y movilidad de elementos esenciales, los estudios de descomposición en los desiertos de Norteamérica se han limitado al Desierto Chihuahuense, específicamente en la región norte del mismo (Fowler y Whitford, 1980; Santos y Whitford, 1981; Elkins y Whitford, 1982; Silva *et al.*, 1985; Montaña *et al.*, 1988; Moorhead y Reynolds, 1989; MacKay *et al.*, 1994; Whitford *et al.*, 1980; Whitford *et al.*, 1986), más un solo trabajo comparativo que incluye a los desiertos Chihuahuense, Sonorense y Mojave (Santos *et al.*, 1984). La mayoría de los estudios que se han realizado en el

Desierto Chihuahuense incluyen únicamente a la especie dominante *Larrea tridentata* Cov. Para el Desierto Sonorense la información publicada es escasa y el trabajo más reciente sobre el tema se realizó en una localidad en Baja California Sur, en el que se analizó el papel que tienen varios factores (elevados índices de radiación y altas temperaturas) sobre la descomposición del material vegetal de las seis especies estructuralmente más importantes de la comunidad (Maya, 1995).

Los objetivos de este estudio son: (1) analizar las tasas de descomposición de material foliar de dos de las especies más abundantes y una condición de mezcla de las especies predominantes de tres comunidades del Desierto Sonorense, (2) estimar y comparar la tasa de descomposición de las especies en su respectivo sitio y entre sitios, (3) obtener los ajustes al modelo exponencial negativo para describir matemáticamente el proceso, (4) analizar la dinámica del mantillo en tres comunidades del Desierto Sonorense y (5) calcular indirectamente la descomposición del mantillo con base en su tiempo de recambio.

METODOS

i) Descomposición foliar

Elección de las especies

Las hojas son el componente mayor de la producción total mensual y anual de hojarasca; por lo tanto, se eligió este material para estimar la rapidez con la que es reincorporado al suelo por el proceso de descomposición. Además, se seleccionaron las especies más representativas de los sitios de estudio considerando su contribución a la producción anual de hojarasca (Capítulo III). Dos especies destacan por su abundancia en la región, *Olneya tesota* y *Encelia farinosa*. Estas son las especies con la mayor contribución a la producción anual de hojarasca en las comunidades de Planicie y Arroyo, estando ésta última presente en los tres sitios. Asimismo se eligió una mezcla de las cinco especies más importantes en los sitios, incluyendo las dos anteriores para conocer la pérdida del material foliar en una condición en mezcla. Las especies son: *Jatropha cardiophylla* un componente importante en la Planicie y en el Arroyo. *Croton sonorae* y *Jatropha cordata* especies con la mayor aportación de hojas en el sitio Ladera.

Una breve descripción de las características morfológicas de las especies elegidas se presenta en el Apéndice I.

Colecta de hojas

En noviembre de 1992 se colectaron las hojas recién caídas de la superficie del suelo. En el caso de especies de hojas compuestas, se obtuvieron hojas senescentes directamente de los árboles para facilitar su colecta ya que al caer naturalmente de los árboles se desprenden sus folíolos dificultando recogerlos del suelo. También se utilizó la técnica de rodear a los arbustos con mantas y agitar las ramas para promover el desprendimiento de sus hojas. Las hojas se almacenaron en un sitio fresco y seco hasta su uso posterior en los días sucesivos.

Bolsas de malla

Se usaron bolsas de malla de fibra de vidrio de 17 x 20 cm. El tamaño de apertura de la malla fue

de 1.4 mm, el cual impide la pérdida de las hojas más pequeñas, y permite la actividad de los animales pequeños del suelo. El método de bolsas de malla es el más usado en los estudios de descomposición y su ventaja radica en permitir la recuperación del material en descomposición y la realización de comparaciones entre especies y sitios, así como hacer manipulaciones experimentales (Wieder y Lang, 1982).

Del material foliar colectado, se confinaron por separado 7 g de *Olneya tesota* y 3.5 g de *Encelia farinosa* en cada bolsa de malla. Además, se realizó una mezcla de las hojas en cantidades iguales de cada una de las cinco especies descritas (Apéndice I), confinándose 4.5 g de esta mezcla en las bolsas de malla. El objetivo de utilizar una mezcla de hojas fue el de simular la forma en la que se encuentra la hojarasca en el campo. En lo sucesivo, tanto a las especies por separado como a la condición en mezcla se les denominará tratamiento.

Para conocer el peso seco de biomasa foliar inicial tres muestras con cantidades iguales a las introducidas en las bolsas de malla de cada tratamiento se secaron en un horno con ventilación a 70°C durante 48 horas y se pesaron en una balanza analítica.

Diseño experimental

En cada sitio se seleccionó una área de 10 x 10 m, las bolsas de malla se dispusieron en el suelo en ocho hileras paralelas y separadas entre sí 0.5 m aproximadamente. Cada hilera, cuya posición relativa en el área fue asignada al azar, correspondía a una fecha de colecta y contenía cuatro réplicas por tratamiento distribuidas aleatoriamente dentro de cada hilera. Las 96 bolsas de cada bloque (3 tratamientos x 4 réplicas x 8 colectas) se colocaron en la superficie del suelo y estaban separadas entre sí por una distancia de 20 cm y atadas a una cuerda fina de nylon; además se sujetaron al suelo con grapas. Para asegurar la identidad de cada bolsa de malla en el momento de las colectas se elaboró un mapa a escala de la localización de las bolsas. Además, las bolsas de malla fueron etiquetadas con una clave en la que se indicó la colecta, el tratamiento y réplica a la que pertenecían. Las fechas de colecta y el tiempo de permanencia de las bolsas de malla en el campo se presentan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Fechas de colecta de las bolsas de malla y tiempo de permanencia en el campo en los sitios Arroyo, Ladera y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

FECHA			INTERVALO (DIAS)	TIEMPO ACUMULADO (DIAS)
21	abril	1993	Inicio	0
21	junio		61	61
23	agosto		63	124
21	octubre		59	183
21	diciembre		61	244
18	febrero	1994	59	303
22	abril		63	366
22	junio		61	427
24	agosto		63	490

A partir del 21 de abril de 1993, fecha en que se inició el experimento se colectaron cada dos meses las bolsas de malla correspondientes a una de las hileras y se colocaron individualmente en bolsas de papel previamente rotuladas. En el laboratorio se eliminó manualmente el material ajeno a la muestra, incluyendo material vegetal (hojas, semillas, pastos, etc.) y partículas de suelo adheridos a la misma. El material remanente se secó en un horno con ventilación a 70° C por 48 horas hasta alcanzar peso constante y se pesó.

Análisis estadístico

Se aplicó el análisis de varianza (ANDEVA) para conocer el efecto del sitio y del tratamiento en la pérdida de peso de las hojas. También se realizó un ANDEVA para conocer el efecto del tratamiento en la pérdida de peso en cada uno de los sitios. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SPSS (SPSS Inc., 1986).

Para establecer una relación entre el tiempo (variable independiente) y el peso remanente (variable dependiente) de hojas en los sitios de estudios se hicieron los ajustes de los valores observados a un modelo exponencial negativo con el programa ORIGIN, Versión: 3.5 (1991-1994).

ii) Dinámica y descomposición del mantillo

El mantillo se colectó bimensualmente durante tres años consecutivos a partir de septiembre de 1992. El primer año se muestreó el suelo alrededor de las trampas de hojarasca ubicadas en estos sitios (Capítulo III). Para el segundo y tercer año se colectó en transectos para evitar repetir el punto de muestreo y la perturbación del sitio de las trampas. Para la colecta se utilizó un anillo de 18 cm de diámetro (0.0254 m²). El mantillo delimitado por el área del anillo se recogió manualmente y se guardó en bolsas de papel previamente rotuladas. Se colectaron 40 muestras por sitio para el primer año y 20 para los dos años subsecuentes. Este cambio en el tamaño de muestra se debió a que después del primer año se observó que 20 muestras eran representativas de los sitios, de modo que fue posible disminuir el esfuerzo de muestreo, (los errores estándar no aumentaron significativamente de 40 a 20 muestras).

En el laboratorio, se removieron piedras y arena y las muestras se lavaron con agua en un tamiz de 0.3 mm de malla para eliminar el suelo. Las muestras se secaron en un horno ventilador a 80° C hasta alcanzar peso constante.

Se aplicó el análisis de varianza (ANDEVA) para conocer el efecto del año, del sitio y de la colecta en la cantidad de mantillo en pie. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS (SPSS Inc., 1986).

Se estimó la descomposición del mantillo calculando el tiempo de recambio en el suelo (T) usando la ecuación $T=M/H$, donde M es la cantidad promedio anual de mantillo en pie y H es la caída anual de hojarasca (Bernhard, 1970; Martínez-Yrizar y Sarukhán, 1993). Para efectuar este cálculo que es un promedio anual, se deben cumplir las siguientes condiciones: 1) que las tasas de descomposición incluyan un período con estación seca y húmeda (Martínez-Yrizar, 1980, Swaine *et al.*, 1990) y 2) que el mantillo haya alcanzado un estado estable en el ecosistema (Olson, 1963). También se determinó la constante anual de descomposición (k), que se obtiene dividiendo la caída anual de hojarasca (H) entre la cantidad promedio anual de mantillo en pie (M).

RESULTADOS

i) Descomposición foliar

Efecto del tratamiento y de los sitios (ANDEVA)

Después de 490 días de experimentación en condiciones de campo, la descomposición promedio al final del experimento difirió significativamente entre sitios ($P < 0.001$) y entre tratamientos ($P = 0.004$; Tabla 4.2). En contraste, la interacción (sitio x tratamiento) no fue significativa ($P = 0.983$, Tabla 4.2). Esto indica que las diferencias de pérdida de peso por efecto del tratamiento son independientes del efecto sitio. Los resultados del análisis estadístico también mostraron que las diferencias en la pérdida promedio de peso de las hojas por tratamiento, en Arroyo y Ladera fueron significativas ($P < 0.0001$, $P < 0.001$, respectivamente). En cambio, en el sitio Planicie no hubo diferencias en la pérdida de peso entre tratamientos ($P = 0.232$).

Tabla 4.2. Análisis de varianza para probar el efecto del sitio y del tratamiento en el promedio del porcentaje remanente en el experimento de descomposición de los sitios Arroyo, Ladera y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora, y que tuvo una duración de 490 días.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	F	P	R ²
SITIO	2	11.438	< 0.001	0.106
TRATAMIENTO	2	17.887	0.004	0.033
S*T	4	0.099	0.983	0.001
ERROR	291			
TOTAL	299			

Curvas de descomposición

Con los datos obtenidos del porcentaje remanente del material foliar en cada uno de los sitios se obtuvieron las curvas de descomposición con ajuste a un modelo exponencial negativo (Figs. 4.1, 4.2 y 4.3). En ellas se muestran por separado los valores porcentuales promedio del peso remanente por colecta y por tratamiento en función del tiempo. La constante de descomposición k fue estimada con este modelo y la ecuación es de la forma $Y = ae^{-kt}$, donde Y = peso remanente (%), a = constante, $-k$ = tasa de descomposición y t = tiempo (días).

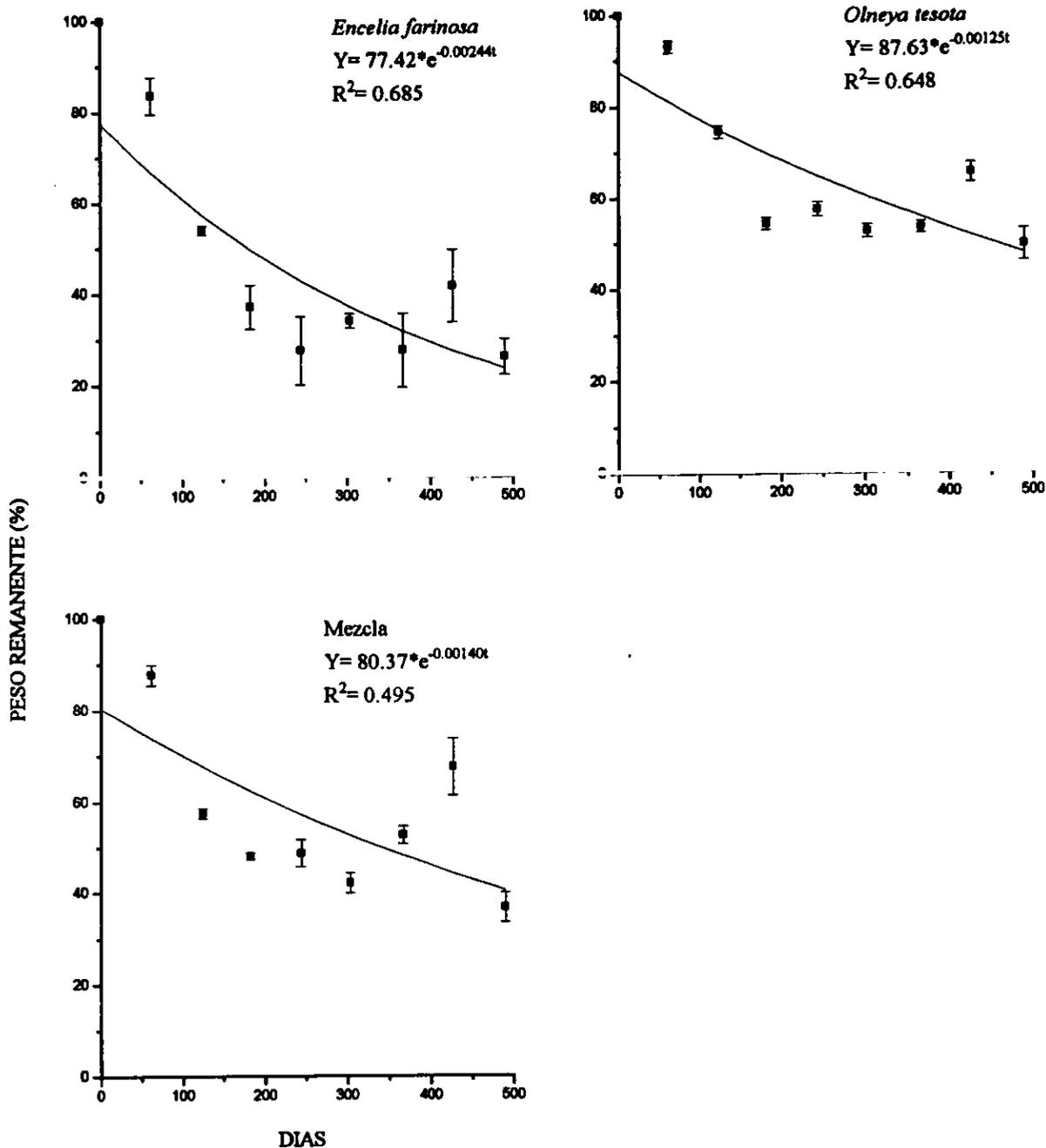


Figura 4.1. Pérdida de peso (%) y ajuste exponencial negativo del material foliar en descomposición de especies en el sitio Arroyo en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora (promedio \pm error estándar). El experimento inició el 21 de abril de 1993. Mezcla indica combinación de varias especies (ver texto). La ecuación es de la forma $Y = ae^{-kt}$, donde Y = peso remanente (%), a = constante, $-k$ = tasa de descomposición y t = tiempo (días).

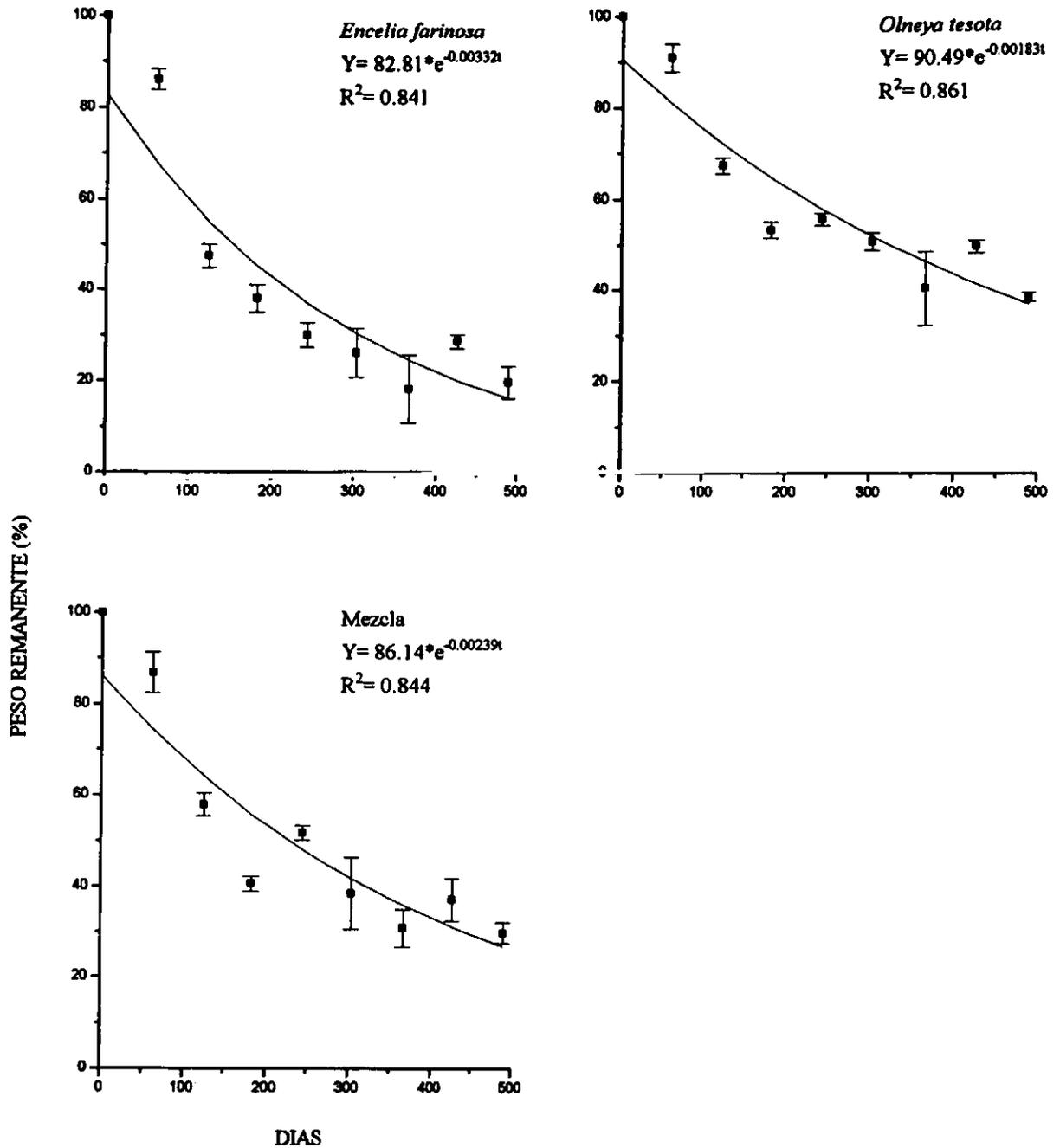


Figura 4.2. Pérdida de peso (%) y ajuste exponencial negativo del material foliar en descomposición de especies en el sitio Ladera en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora (promedio \pm un error estándar). El experimento inició el 21 de abril de 1993. Mezcla indica combinación de varias especies (ver texto). La ecuación es de la forma $Y = ae^{-kt}$, donde Y =peso remanente (%), a =constante, $-k$ =tasa de descomposición y t =tiempo (días).

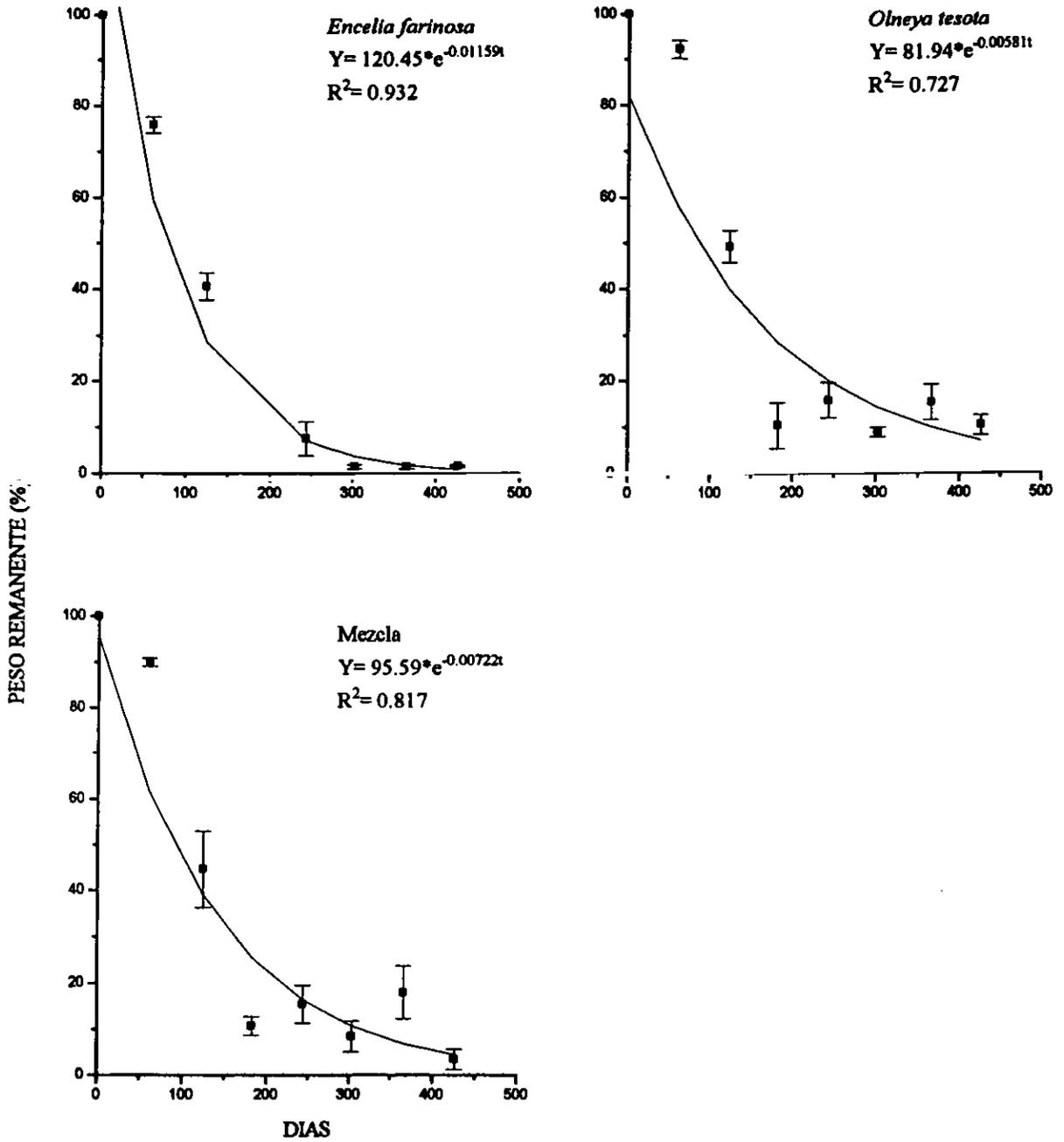


Figura 4.3. Pérdida de peso (%) y ajuste exponencial negativo del material foliar en descomposición de especies en el sitio Planicie en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora (promedio ± un error estándar). El experimento inició el 21 de abril de 1993. Mezcla indica combinación de varias especies (ver texto). La ecuación es de la forma $Y = ae^{-kt}$ donde Y = peso remanente (%), a = constante, $-k$ = tasa de descomposición y t = tiempo (días).

De las curvas se deducen ciertas similitudes en la dinámica de la pérdida porcentual de peso a lo largo del proceso de descomposición. Las tasas de pérdida de material foliar más altas ocurrieron para todos los tratamientos en los tres sitios en los primeros 183 días, siendo el período comprendido entre los 61 y los 124 días el de mayor pérdida. A partir de los 183 días (tercera colecta de las bolsas de malla) se estabilizó la pérdida de peso alrededor de un valor que difirió entre el tratamiento y los sitios.

En el sitio Planicie, al cabo de los primeros 183 días se perdió el 90% del peso original del material para los tres tratamientos. En cambio, en Arroyo y Ladera se perdió entre el 50 y el 60% durante este período (Figs. 4.1 y 4.2). Al finalizar las lluvias; las hojas sólo sufrieron un ligero cambio (a los 303 y 427 días) debido al inicio del período de sequía. Este patrón se apreció claramente en los tres sitios y para los tres tratamientos. En las tres comunidades, la pérdida del peso inicial fue mayor para las hojas de *Encelia farinosa* y mezcla, y menor para las de *Olneya tesota* (Figs. 4.1, 4.2 y 4.3). De hecho, las hojas de esta última especie presentaron el mayor tiempo para la descomposición en los tres sitios. En el sitio Planicie se presentan las tasas de descomposición más altas.

Organismos presentes en las mallas de descomposición

La actividad de las termitas fue muy importante en las bolsas de malla. Evidencia de su actividad se registró en el interior de varias bolsas que presentaban, en lugar del material foliar, una capa delgada de material orgánico y suelo semejante al de los túneles superficiales que construyen las termitas en el área de estudio. En el sitio Planicie fue notable la influencia de las termitas sobre el proceso de pérdida de peso, donde del total de las bolsas de malla, 12% mostraron evidencia del consumo por termitas. En cambio, para Arroyo y Ladera sólo se detectó este nivel de actividad en pocas bolsas, menor al 3%.

Con respecto al ataque del material por hongos, las bolsas del Arroyo contenían mayor proliferación de micelio que el resto de los sitios. También se encontró en el interior de las bolsas evidencia de actividad de insectos (principalmente hormigas) que se registró en mayor número en el sitio Arroyo. A partir de la primera colecta y en todos los sitios se presentaron excretas de insectos, aunque siempre en menor cantidad en el sitio Planicie.

ii) Dinámica y descomposición del mantillo

Variación en la cantidad de mantillo en los sitios, entre colectas y entre años.

La cantidad promedio de mantillo difirió significativamente entre años ($P < 0.001$), entre sitios ($P < 0.001$) y entre colectas ($P < 0.001$; Tabla 4.3). Además, la interacción entre los tres factores fue significativo ($P = 0.001$; Tabla 4.3). Esto indica que la variación temporal de la cantidad de mantillo depende del año, sitio y colecta.

Tabla 4.3. Análisis de varianza para probar el efecto del año, sitio y la colecta en la cantidad de mantillo en pie de los sitios Arroyo, Ladera y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	F	P	R ²
AÑO	2	77.79	< 0.001	0.251
SITIO	2	401.76	< 0.001	0.028
COLECTA	5	22.47	< 0.001	0.031
AÑO*SIT	4	8.76	< 0.001	0.013
AÑO*COL	10	9.55	< 0.001	0.035
SIT*COL	10	8.70	< 0.001	0.032
AÑO*SIT*COL	20	4.18	0.001	0.001
ERROR	1446			
TOTAL	1499			

En el sitio Planicie frecuentemente el mantillo es una capa delgada y discontinua y en ocasiones inexistente en las áreas más abiertas de vegetación, excepto bajo la copa de los árboles más grandes y frondosos de Planicie y Arroyo como *Phaulothamnus spinescens* y *Olneya tesota*, donde el grosor del mantillo puede alcanzar hasta 10 cm de profundidad.

La cantidad promedio de mantillo fue significativamente mayor en el sitio Arroyo, que en la Ladera, y este a su vez fue mayor que en la Planicie (Tabla 4.4).

La variación temporal de mantillo en los tres sitios mostró un patrón marcadamente estacional (Fig. 4.4). Al inicio del estudio (septiembre de 1992), la cantidad de mantillo fue mínima en los tres sitios. Posteriormente aumentó hasta alcanzar los máximos valores en marzo, mayo y julio. Después, la

cantidad promedio disminuyó hasta un valor mínimo nuevamente en el mes de septiembre que coincide con el término de la estación de lluvias.

Tabla 4.4. Cantidad de mantillo en pie (g m^{-2}) en los sitios Arroyo, Ladera y Planicie en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora ($n=7 \pm$ un error estándar).

SITIO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
	SEPTIEMBRE 1992-'93	SEPTIEMBRE 1993-'94	SEPTIEMBRE 1994-'95
ARROYO	338.4 ± 59.2	496.7 ± 120.6	255.2 ± 72.4
LADERA	203.7 ± 18.3	199.4 ± 33.1	77.1 ± 10.5
PLANICIE	75.7 ± 11.0	71.1 ± 26.9	20.6 ± 7.8

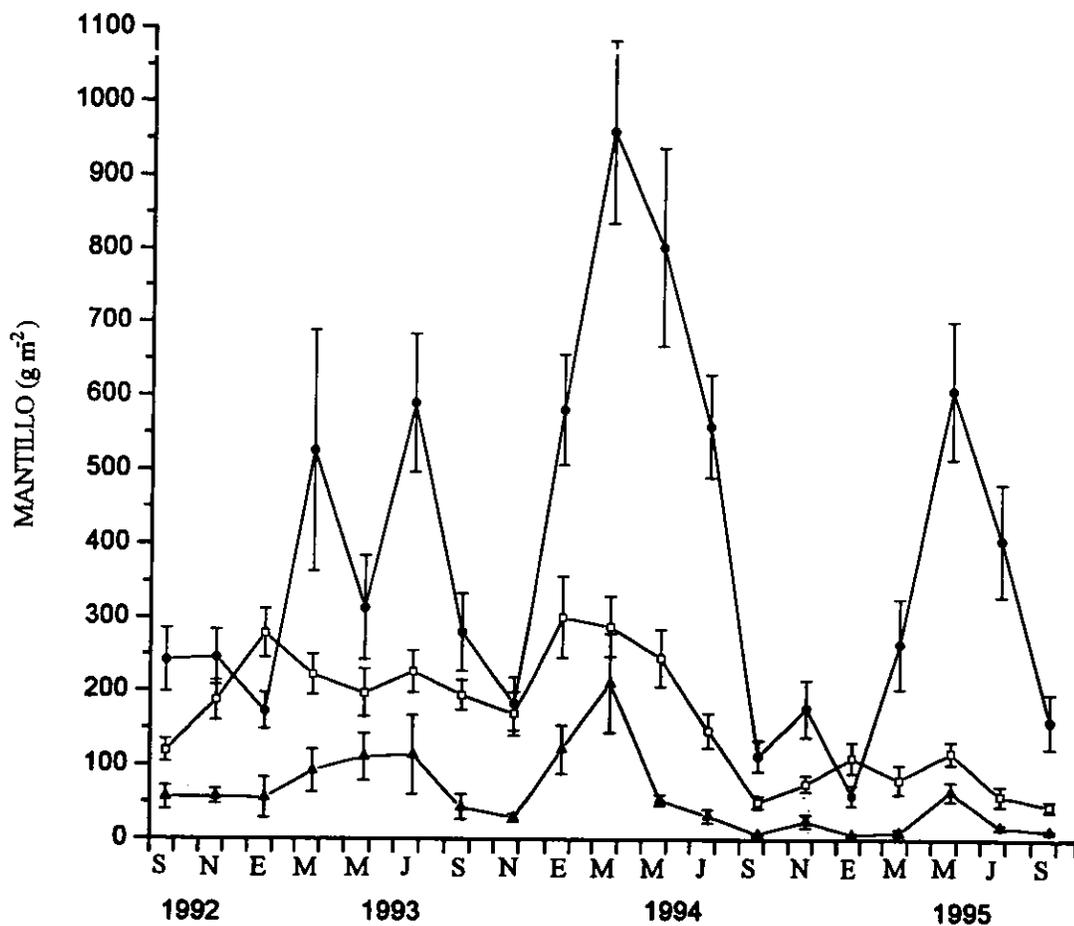


Figura 4.4. Variación temporal del mantillo (g m^{-2}) en los sitios (—●—) Arroyo, (—□—) Ladera y (—▲—) Planicie en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. Los valores indican la media ($n=20$ excepto de septiembre de 1992 a noviembre de 1993, donde $n=40$) y las líneas verticales \pm un error estándar.

El aumento de mantillo de enero y marzo de 1993 es congruente con la gran caída de hojarasca de octubre, noviembre y diciembre de 1992 (Capítulo III). En cambio, la disminución en su acumulación en noviembre de 1993 coincidió con el período de máxima descomposición foliar. Para los tres sitios de estudio y en los tres años, la máxima acumulación de mantillo ocurre después de un período de máxima caída de hojarasca (Martínez-Yrizar *et al.*, datos no publicados) que corresponden a la producción de material foliar y caída posterior a las lluvias de verano.

En el tercer año de estudio hubo una disminución notable en la cantidad total de mantillo debido posiblemente al lavado del suelo ocasionado por las lluvias torrenciales de ese año.

La estimación indirecta de la descomposición del mantillo (T) y la constante anual de descomposición (k), en este estudio, se calculó utilizando los datos de producción anual de hojarasca (H) de Martínez-Yrizar *et al.* (datos no publicados) y los datos de mantillo (M) de septiembre a agosto de cada uno de los años (Tabla 4.5).

Para el sitio Planicie el tiempo de recambio promedio es más corto en comparación con el sitio Arroyo y de Ladera, sin embargo no se encontraron diferencias significativas entre los sitios (P= 0.897). En el tercer año se encontró que T disminuyó notablemente en los tres sitios esto como consecuencia del acarreo del mantillo ocasionado por las lluvias torrenciales de noviembre y diciembre de 1994 y que fueron un orden de magnitud mayor que las registradas en los últimos 30 años.

La constante anual de descomposición (k) fue mayor para el sitio Planicie, intermedio en Ladera y menor para Arroyo (Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Producción promedio anual de hojarasca ($\text{g m}^{-2}\text{a}^{-1}$, $n=40 \pm 1$ E.E.), mantillo en pie (g m^{-2} , $n=40$ año 1 y $n=20$ años 2 y 3 ± 1 E.E.), tiempo de recambio (T, años) y la constante anual de descomposición (k) en los sitios Arroyo, Ladera y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora.

SITIO	AÑO	MANTILLO (g m^{-2})	HOJARASCA ($\text{g m}^{-2}\text{a}^{-1}$)	T (años)	T Promedio (años)	k (promedio)
ARROYO	SEP '92-AGO'93	348.1 \pm 69.1	367.1 \pm 4.0	0.9	1.3	0.91
	SEP '93-AGO '94	560.7 \pm 120.9	264.3 \pm 3.5	2.1		
	SEP '94-AGO '95	271.1 \pm 83.6	330.0 \pm 3.0	0.8		
LADERA	SEP '92-AGO'93	205.3 \pm 21.6	164.2 \pm 2.2	1.3	1.4	1.03
	SEP '93-AGO '94	224.2 \pm 26.1	95.9 \pm 1.8	2.3		
	SEP '94-AGO '95	82.4 \pm 10.8	154.0 \pm 2.3	0.5		
PLANICIE	SEP '92-AGO'93	81.0 \pm 11.3	59.3 \pm 1.2	1.4	1.1	2.11
	SEP '93-AGO '94	81.7 \pm 29.3	51.3 \pm 0.4	1.6		
	SEP '94-AGO '95	22.0 \pm 9.1	109.2 \pm 2.7	0.2		

DISCUSION

i) Descomposición del material foliar

El efecto del tratamiento en las tasas de descomposición foliar encontradas en este estudio se pueden explicar por las variaciones en la estructura y composición química de las hojas que las hacen diferencialmente susceptibles al ataque de los organismos descomponedores (Swift *et al.*, 1979; Alexander, 1977). Las hojas de las especies seleccionadas para este estudio, y que constituyen las de mayor contribución a la producción anual de hojarasca (Capítulo III), requieren entre 4 y 14 meses para perder hasta un 50% de su peso original, lo que indica la gran variabilidad en la rapidez de reincorporación al suelo de la hojarasca. Estas diferencias en la velocidad de descomposición parecen deberse a diferencias en textura foliar que hacen que algunas especies sean más resistentes a los cambios en humedad y temperatura que otras. Por ejemplo, las hojas de *Olneya tesota* difieren en forma y textura de las de *Encelia farinosa* cuyas hojas se fracturan muy fácilmente al secarse, además *E. farinosa* tiene las hojas más suaves, probablemente menos lignificadas, y su rápida tasa de pérdida inicial sugiere que poseen una mayor proporción de sustancias solubles en el agua.

En los desiertos, donde la heterogeneidad del hábitat es muy grande, los grupos de organismos que actúan en la descomposición son diferentes y dependen del sitio en el que ocurre el proceso. La pérdida extremadamente alta de material foliar en el sitio de Planicie, fue debida en parte, al transporte del material a los nidos subterráneos de las termitas lo que apoya la importancia de este grupo de organismos en el proceso de descomposición en zonas áridas. Para los desiertos Chihuahuense, Sonorense y Mojave, se ha encontrado que los organismos del suelo, y principalmente las termitas determinan las tasas de desaparición del mantillo, que anteriormente se relacionaba con los patrones de precipitación a largo plazo (Santos *et al.*, 1984). En cambio, en los sitios Ladera y Arroyo hubo un número importante de bolsas que contenían micelio, siendo la hojarasca de *Encelia farinosa* y mezcla las más afectadas por la descomposición debida a la actividad de los hongos. En el sitio Arroyo fue notable la presencia de micelio, esto posiblemente debido a que la humedad en este sitio es mayor y a

que las bolsas de malla estaban protegidas por el dosel de vegetación de la luz solar directa. Otros factores que pueden ser responsables de la elevada tasa de descomposición en la Planicie son factores físicos como la exposición directa a la radiación solar (Frimmel y Bauer, 1987) y a las elevadas temperaturas que alcanza la superficie del suelo (Whitford y Ettershank, 1975).

En los sitios Arroyo y Ladera existen diferencias entre la pérdida de peso foliar de las especies, esto sugiere que hay especies más resistentes que otras al ataque de los organismos en estos sitios y al menos en la Ladera pudo tener descomposición fotoquímica (fragmentación física) debido a que el material no estaba cubierto completamente por la vegetación.

El porcentaje remanente de las hojas de *Oleña tesota* al final del experimento fue de 49% en el sitio Arroyo y de 38% en Ladera. Es decir, se descompuso menos en el sitio en el que predomina que en el que no está presente. Esto sugiere que en el sitio de Ladera existen condiciones más adecuadas para la descomposición de esta especie. Quizá la insolación juega un papel importante en la descomposición de *O. tesota*, y por esta razón presenta un gradiente de descomposición de menor a mayor en: Planicie, Ladera y Arroyo. Sin embargo, aunque *Oleña* no está presente en el sitio Ladera, un estudio simultáneo de producción de hojarasca (Capítulo III), se encontró que las trampas en el sitio Ladera captan los folíolos de esta especie, lo que sugiere una amplia dispersión de sus hojas.

La descomposición foliar en mezcla, que es la condición en la que el mantillo se acumula en condiciones naturales tuvo una velocidad de descomposición intermedia con respecto a los otros tratamientos, esto debido a que la condición de mezcla es colonizada por los microorganismos de diferente manera que las especies por separado (sobre todo a la de *O. tesota*) ya que ofrece recursos de diferente calidad para los organismos del suelo.

La mayor tasa de descomposición foliar en los primeros 183 días en los tres sitios fue propiciada por la actividad de los descomponedores y los agentes físicos como la humedad ocasionada por la precipitación, la cual probablemente lava los componentes más lábiles, además de mantener al mantillo en condiciones de humedad precisas para la actividad de los organismos del suelo (Swift *et al.*, 1979; Berg y Staaf 1977 citado por Hernández *et al.*, 1992). La precipitación registrada durante este período

(verano de 1993), representó el 65% de la lluvia total para ese año. Posteriormente se presentó un período en el que la fracción del material foliar permanece aparentemente sin cambio en la fracción remanente. Esto puede ser como resultado de la persistencia de compuestos de difícil degradación, es decir con moléculas de enlaces más resistentes como hemicelulosas y ligninas. Otra explicación posible es el efecto concomitante de la sequía en ese período que impide la actividad biológica, aunado a la disminución de la temperatura y la irradiancia al final del verano.

ii) Dinámica y descomposición del mantillo

El comportamiento estacional del mantillo estuvo determinado por el patrón de caída de hojarasca. Las diferencias en la cantidad promedio de mantillo en los sitios se deben en parte a las diferencias en la producción de hojarasca (Capítulo III) y a diferencias en la tasa de descomposición entre sitios. La variación en la cantidad de mantillo entre los sitios de estudio, se debió a que se presentan diferencias de producción entre ellos que a su vez se atribuye a las diferencias en la riqueza de especies, de estructura y de biomasa por unidad de área de los sitios y a las condiciones ambientales distintas. La época de mayor descomposición, y por lo tanto de disminución del mantillo coincidió con la época de lluvias que permite la actividad de los organismos del suelo y la escorrentía después de lluvias torrenciales que acarrearán el mantillo. Sin embargo, hubo momentos importantes de caída de hojarasca durante los cuales no se acumuló el mantillo debido a su acarreo por las lluvias torrenciales. Por ejemplo en abril de 1993 la precipitación alcanzó 51.7 mm, que fue muy superior al promedio mensual de los últimos 30 años (3.7mm). Como consecuencia del acarreo, en mayo se registró una disminución en el mantillo a pesar de que en dicho mes se registró un aumento considerable en la caída de hojarasca. Este mismo patrón se observó en noviembre y diciembre de 1994.

iii) Tasa de descomposición (k)

Los valores de la tasa de descomposición encontrados en este estudio son mayores a los reportados por Vossbrinck *et al.* (1979) para una pradera semiárida en Colorado con una k de 0.01851 para la descomposición microbiana y de 0.04271 para la descomposición propiciada exclusivamente por la mesofauna.

iv) Tiempo de recambio (T)

Los valores de T en los sitios de estudio son menores a los reportados para una comunidad en el Desierto Chihuahuense por Whitford, *et al.* (1986) y para algunos sitios en la selva baja caducifolia (Tabla 4.6). Esto indica que el tiempo de recambio del mantillo es menor en los tres sitios de estudio y se puede explicar por las altas tasas de descomposición encontradas.

Tabla 4.6. Tiempo de recambio (T) en diferentes regiones áridas y en la selva baja caducifolia.

COMUNIDAD VEGETAL	REFERENCIA	T (años)	n (años)
Desierto Chihuahuense	Whitford <i>et al.</i> (1986)	4.7	1
Desierto Sonorense			
Arroyo	Este estudio	1.3	3
Ladera		1.4	3
Planicie		1.1	3
Selva baja caducifolia			
Ladera	Patiño (1990)	2.05	1
Arroyo	Martínez-Yrizar y Sarukhán (1993)	1.6	1
Ladera		2.1	1

En conclusión, las diferencias en la tasa de descomposición encontradas en los sitios de estudio, además de la calidad del sustrato se debió a la intervención de diferentes agentes y que a su vez se deben a la influencia de la heterogeneidad espacial en el proceso de descomposición en ambientes áridos. Por lo tanto, existe la necesidad en evaluar cada uno de los agentes que intervienen en la descomposición del mantillo en cada uno de los sitios.

En el siguiente capítulo se analiza el potencial microbiano como uno de los factores que afectan la tasa de descomposición del mantillo y las diferencias entre sitios.

REFERENCIAS

- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. 2nd Ed. John Wiley & Sons, New York. 476 pp.
- Aber, J.D. y Melillo, J.M. 1991. *Terrestrial ecosystems*. Saunders, Orlando, Florida. 429 pp.
- Bernhard, F. 1970. Etude de la litière et de sa contribution au cycle des elements minéraux en forêt ombrophile de Cote D'Ivoire. *Oecologia Plantarum V*: 247-266.
- Carson, W.P. y Peterson, C.J. 1990. The role of litter in an old-field community: impact of litter quantity in different seasons on plant species richness and abundance. *Oecologia 85*: 8-13.
- Cornelissen, J.H.C. y Thompson, K. 1997. Functional leaf attributes predict litter decomposition rate in herbaceous plants. *New Phytologist 135*: 109-114.
- Couteaux, M.M, Bottner, P. y Berg, B. 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. *Trends in Ecology and Evolution 10*: 63-66.
- Elkins, N.Z. y Whitford, W.G. 1982. The role of microarthropods and nematodes in decomposition in a semi-arid ecosystem. *Oecologia 55*: 303-310.
- Facelli, J.M. y Pickett, S.T.A. 1991. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review 57*: 1-32.
- Fowler, H.G. y Whitford, W.G. 1980. Termites, microarthropods and the decomposition of senescent and fresh creosotebush (*Larrea tridentata*) leaf litter. *Journal of Arid Environments 3*: 63-68.
- Frimmel, F.H. y Bauer, H. 1987. Influence of photochemical reactions on the optical properties of aquatic humic substances gained from fall leaves. *The Science of the Total Environment 62*: 139-148.
- Hadley, N.F. y Szarek, S.R. 1981. Productivity of desert ecosystems. *Bioscience 31*: 747-753.
- Hall, E.A., Specht, R.L. y Eardley, C.M. 1964. Regeneration of the vegetation on Koonamore vegetation reserve, 1926-1962. *Australian Journal of Botany 12*: 205-264.
- Hernández, I.M., Gallardo, J.F. y Santa Regina, I. 1992. Dynamic of organic matter in forests subject

- to mediterranean semi-arid climate in the Duero basin (Spain): litter production. *Acta Ecologica* 13: 55-65.
- Johnson, K.A. y Whitford, W.G. 1975. Foraging ecology and relative importance of subterranean termites in Chihuahuan Desert Ecosystems. *Environmental Entomology* 4: 480-486.
- MacKay, W.P. 1991. The role of ants and termites in desert communities. Pp. 113-149. En: G. A. Polis (editor). *The Ecology of Desert communities*. University of Arizona, Tucson.
- MacKay, W.P., Silva, S., Loring, S.J. y Whitford, W.G. 1987. The role of subterranean termites in the decomposition of above ground creosotebush litter. *Sociobiology* 13: 235-239.
- MacKay, W.P., Loring, S.J., Zak, J.C., Silva, S.I., Fisher, F.M. y Whitford, W.G. 1994. Factors affecting loss in mass of creosotebush leaf-litter on the soil surface in the Northern Chihuahuan Desert. *The Southwestern Naturalist* 39: 78-82.
- Martinez, C.E. y Dalmaso, A.D. 1992. Litter yield in shrubs of *Larrea* in the andean piedmont of Mendoza, Argentina. *Vegetatio* 101: 21-35.
- Martínez-Yrizar, A. 1980. Tasas de descomposición de materia orgánica foliar de especies arbóreas de selvas en clima estacional. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 126 pp.
- Martínez-Yrizar, A. y Sarukhán, J. 1993. Cambios estacionales del mantillo en el suelo de un bosque tropical caducifolio y uno subcaducifolio en Chamela, Jalisco, México. *Acta Botánica Mexicana* 21: 1-6.
- Maya, Delgado, Y.L. 1995. Fenología, producción y descomposición de hojarasca de las especies dominantes en una comunidad vegetal de zonas áridas. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 93 pp.
- Meentemeyer, V. 1978. Macroclimate and lignin control of litter decomposition. *Ecology* 53: 465-472.
- Melillo, J.M., Aber, J.D., y Muratore, J.F. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology* 63: 621-626.
- Melillo, J.M., Aber, J.D., Linkins, A.E., Ricca, A., Fry, B. y Nadelhoffer, K.J. 1989. Carbon and

- nitrogen dynamics along the decay continuum: Plant litter to soil organic matter. *Plant and Soil* 115: 189-198.
- Montaña, C., Ezcurra, E., Carrillo, A. y Delhoume, J.P. 1988. The decomposition of litter in grasslands of northern Mexico: a comparison between arid and non-arid environments. *Journal of Arid Environments* 14: 55-60.
- Moorhead, D.L. y Reynolds, J.F. 1989. The contribution of abiotic processes to buried litter decomposition in the northern Chihuahuan Desert. *Oecologia* 79: 133-135.
- Noy-Meir, I. 1973. Desert ecosystems: environment and producers. *Annuals Review of Ecology and Systematics* 4: 25-51.
- Noy Meir, I. 1985. Desert ecosystem structure and function. Pp. 93-104. *En: Evenary, M., Noy-Meir, I. y Woodall, D.W. (eds.). Hot Deserts and Shrublands.* Elsevier, New York.
- Nutting, W.L., Haverty, M.I. y La Page, J.P. 1975. Demography of termite colonies as related to various environmental factors: population dynamics and role in the detritus cycle. U.S./I.B.P. Desert Biome Research Memorandum 75-31. Utah State University, Logan. 26 pp.
- Nutting, W.L., Haverty, M.I. y La Page, J.P. 1987. Physical and chemical alteration of soil by two subterranean termite species in Sonoran Desert grassland. *Journal of Arid Environments* 12: 233-239.
- ORIGIN. 1991-1994. Microcal ORIGIN versión 3.5 Microcal Software Inc., Northampton, M.A.
- Olson, J.O. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44: 322-331.
- Patiño, A.M.C. 1990. Variación espacial y temporal de la capa de hojarasca (mantillo) en una selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F. 78 pp.
- Parker, L.W., Fowler, H.G., Ettershank, G. y Whitford, W.G. 1982. The effects of subterranean termite removal on desert soil nitrogen and ephemeral flora. *Journal of Arid Environments* 5: 53-59.
- Polis, G.A. 1991. Complex trophic interactions in deserts: an empirical critique of food-web theory.

CAPITULO V

ACTIVIDAD MICROBIANA EN LA DESCOMPOSICION DE RESIDUOS VEGETALES EN EL SUELO

INTRODUCCION

Los residuos vegetales o animales que se almacenan en el suelo sirven como fuente de energía para los organismos del suelo. La descomposición de estos residuos se lleva a cabo principalmente por los microorganismos del suelo (Alexander, 1977). Durante la oxidación de estos compuestos orgánicos, proceso denominado mineralización biológica, los microorganismos liberan formas inorgánicas de N, S y de P orgánico, es decir, estos elementos que se encontraban unidos al carbono son liberados al suelo (McGill y Cole, 1981). Por lo tanto, los procesos microbianos del suelo, son importantes mediadores del ciclaje y del suministro de estos nutrientes, los cuales son indispensables para el crecimiento de las plantas. En general, la mineralización microbiana de la materia orgánica del suelo puede proveer entre el 50 y el 80% del requerimiento anual de nutrientes de las plantas (Smith *et al.*, 1994).

En los ecosistemas desérticos, la descomposición microbiana está limitada a los períodos favorables de temperatura y humedad. Durante estos períodos, la descomposición del mantillo está controlada por la disponibilidad de nutrientes y por las características físicas y químicas de los constituyentes de la hojarasca (Moorhead y Reynolds, 1993). El cociente C:N de estos constituyentes es importante debido a que el C es la fuente de energía para la fijación de N y también para la desnitrificación (Skujins, 1976, citado por Ettershank *et al.*, 1978). De acuerdo con lo anterior, existe una fuerte relación entre la respiración microbiana y la mineralización de nitrógeno, por lo tanto, se sugiere que la disponibilidad de carbono es importante en el ciclaje de N. En los ecosistemas semiáridos y áridos, el carbono en el suelo es considerado como un elemento limitante para la actividad biológica (West y Skujins, 1978) y para la productividad vegetal en general.

Tanto los nutrientes como los microorganismos del suelo pueden concentrarse alrededor de arbustos y pastos, formando sitios llamados "islas de fertilidad" debido al gran enriquecimiento de estas zonas (Bolton *et al.*, 1990; Bolton *et al.*, 1993; García-Moya y McKell, 1970; West, 1981). Las islas de fertilidad son importantes para los procesos biogeoquímicos de los ecosistemas, tales como la

mineralización de N y C. Estas zonas enriquecidas tienen altas concentraciones de nutrientes y pueden sustentar mayores y más activas poblaciones de microorganismos (Smith *et al.*, 1994). Las islas de fertilidad resultan de la acumulación de mantillo, raíces muertas y de los exudados de las raíces, que son mayores que en las zonas adyacentes.

Además de la distribución horizontal diferencial de los nutrientes del suelo en las zonas áridas, también es común encontrar una clara estratificación vertical de las propiedades físicas y químicas. Comúnmente, la mayor parte de la actividad microbiana ocurre en el horizonte superficial del suelo, donde el suministro de materia orgánica fácilmente degradable y las poblaciones de microorganismos desintegradores son mayores (Alexander, 1977). Por ejemplo, Bolton *et al.* (1993) encontraron que en un matorral desértico el C y N microbiano estuvieron más concentrados en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, lo que indica la gran importancia de esta capa del suelo para los procesos microbiológicos.

Un componente muy importante en la productividad en los desiertos son las plantas efímeras, las cuales a pesar de su breve presencia en el desierto pueden hacer una contribución muy grande a ésta (Inouye, 1991; Halvorson y Patten, 1975). Las plantas anuales tienen un ciclo de vida muy corto y cuando mueren, sus restos son rápidamente incorporados al suelo, sirviendo como fuente de C para los organismos descomponedores. En el Desierto Sonorense las plantas anuales pueden contribuir de manera muy importante al ciclaje de este elemento, particularmente en años con lluvias de invierno favorables para su desarrollo (Martínez-Yrizar, *et al.*, datos no publicados). Además, se ha demostrado que la producción de las plantas efímeras está altamente asociada con los microhábitats creados por los arbustos del desierto (Went, 1942; García-Moya y McKell, 1970; Tiedemann y Klemmedson, 1973; Halvorson y Patten, 1975).

El papel de los microorganismos en la descomposición del mantillo en los desiertos de Norteamérica ha sido rara vez examinado y para el caso del Desierto Sonorense no se encontró ninguna referencia publicada sobre el tema.

El principal factor que limita la productividad de los ecosistemas desérticos es la disponibilidad de

agua (Hadley y Szarek, 1981; Ludwig, 1987). Sin embargo, la disponibilidad de nutrientes puede explicar las diferencias entre sitios dentro de una misma comunidad. Existen muy pocos trabajos en zonas áridas que hayan estudiado la dinámica de los nutrientes. El mayor esfuerzo ha sido enfocado en la comparación de sus concentraciones en el suelo bajo y fuera de las copas de los arbustos. Sin embargo, la disponibilidad de los nutrientes depende básicamente de los procesos microbianos que se dan dentro del suelo, los cuales pueden estar fuertemente afectados por las condiciones de humedad, la cantidad de C disponible y la concentración de nutrientes en la materia orgánica.

En este trabajo se estudio el potencial de descomposición microbiano sobre la materia orgánica del suelo en una localidad del Desierto Sonorense. Para medir este potencial se llevaron a cabo dos experimentos que tenían como objetivos: (1) estimar y comparar el potencial de descomposición microbiano del suelo en tres comunidades del Desierto Sonorense y (2) estimar la mineralización de carbono de residuos vegetales de plantas perennes y plantas anuales en tres comunidades del Desierto Sonorense.

Debido a las diferencias estructurales, topográficas, de disponibilidad de agua y edáficas existentes entre los cuatro sitios de estudio se espera que: (1) el potencial microbiano de descomposición en las planicies sea mayor bajo la copa de los arbustos que en los sitios abiertos sin cobertura vegetal, y que (2) la actividad microbiana sea mayor en los suelos en los que se adiciona mantillo debido a la incorporación de carbono.

METODOS

i) Experimento 1. Potencial de descomposición microbiano

La actividad microbiana de los suelos se evaluó mediante la respiración microbiana (Bolton *et al.*, 1993) en condiciones de laboratorio, usando suelo proveniente de los sitios Arroyo, Ladera y Planicie. De este último sitio también se colectó suelo bajo la copa de los arbustos, debido a que se consideró un microhábitat diferente al de Planicie por la acumulación de mantillo bajo los arbustos. Este microhábitat creado por los arbustos constituye el sitio denominado DoseL.

Muestreo

En febrero de 1995 se colectaron aleatoriamente 10 muestras por sitio de suelo libre de mantillo de los primeros 10 cm de profundidad. Para mantener la estructura de estos núcleos se utilizaron tubos de cloruro de polivinilo (PVC) de 3.5 cm de diámetro.

Incubación

De las muestras colectadas de suelo se seleccionaron aleatoriamente cinco por sitio para incubarse sin mantillo y cinco a las que se les agregó 0.20 g de una mezcla homogénea de hojas molidas capturadas en las trampas de hojarasca de los cuatro sitios (Capítulo III). A pesar de que estas hojas no estuvieron en contacto con el suelo, en este estudio se les denominó mantillo de plantas perennes (MPP). La cantidad agregada a los suelos correspondió al valor promedio del mantillo en pie de los sitios (193 g m^{-2} , Capítulo IV). El material de las trampas de hojarasca que se utilizó para este experimento correspondió a la colecta del mes de septiembre de 1992, que fue el mes de mayor producción de hojarasca.

Los núcleos de suelo se colocaron individualmente en frascos de vidrio de un litro que contenían viales con 10 ml de NaOH 0.5 N para captar el CO_2 . Los viales fueron substituidos periódicamente (a intervalos de 1 a 4 días) para cuantificar la producción de CO_2 por titulación con HCl 1N (Tinsley *et al.*, 1951). Los suelos se incubaron a capacidad de campo con agua destilada y a 25°C durante 35 días.

Durante las sustituciones de los viales se agregó agua destilada a los suelos para reemplazar la pérdida de la misma.

Los valores de CO₂ de las muestras de suelo incubadas se corrigieron considerando el contenido de CO₂ de los blancos y también por la valoración previa del NaOH antes de sustituir los viales.

Para este experimento fue importante conocer la calidad de la materia orgánica particulada (MOP) del suelo, porque ésta indica la disponibilidad de nutrientes para los microorganismos del suelo y además permite realizar la comparación de la calidad con el mantillo agregado. Por lo tanto, para obtener la MOP tanto de las muestras incubadas como de dos muestras por sitio sin incubar, fueron centrifugadas a 10,000 rpm durante 3 minutos con agua destilada. Posteriormente, una vez separados el suelo y la MOP, ambas fracciones se secaron en un horno con ventilación y se realizaron los análisis químicos.

Análisis de laboratorio

La fracción de MOP (de muestras no incubadas e incubadas por sitio), los suelos incubados y los no incubados, y las tres muestras del mantillo (MPP) que se agregó a las muestras de suelo, se sometieron a un análisis químico para determinar su concentración de carbono total (Ct), nitrógeno total (Nt) y fósforo total (Pt). El Ct fue determinado con un analizador de carbono automatizado TOC-UIC Mod. CM5012 (UIC, Inc.); el Nt y Pt fueron determinados por combustión ácida con el método semi-micro Kjeldahl (Technicon Autoanalyzer II, 1978).

Para determinar la presencia de carbonatos en el suelo, se determinó la materia orgánica con el método de Walkley y Black (1934), tanto a muestras tratadas con HCl como a muestras no tratadas. Debido a que no existieron diferencias de contenido de materia orgánica entre ambas, no fue necesario ajustar los valores de C total debido a la ausencia de carbonatos en el suelo.

Simultáneamente, se analizaron dos muestras más por sitio no incubadas para conocer las condiciones del suelo pre-incubación.

Análisis estadístico

El diseño del experimento fue un factorial de dos vías: 1) Sitios (4) y 2) Mantillo (con y sin) con 5 réplicas por tratamiento. Por lo tanto, todas las variables estudiadas (valores de CO₂ y de nutrientes en suelo, MOP y MPP) fueron sujetas a un análisis de varianza de dos vías. Cuando el Andeva indicó un efecto significativo, las diferencias entre los valores promedio se probaron con la prueba de Tukey de rango múltiple utilizando el programa SYSTAT (1990-1992).

ii) Experimento 2: Mineralización de C de origen distinto

Muestreo

En julio de 1995 se colectaron 10 núcleos de suelo por sitio de igual forma que la detallada en el Experimento 1.

Para este experimento, el mantillo de las plantas perennes (MPP) se obtuvo del material colectado en las trampas de hojarasca del mes de septiembre de 1993. El mantillo de plantas anuales (MPA) provino de muestras de mantillo colectadas directamente del suelo en mayo de 1995. Estas muestras pertenecen a un estudio realizado simultáneamente sobre la dinámica del mantillo en los sitios de estudio (Capítulo IV). En los cuatro sitios se colectó MPP y MPA.

Incubación

De las muestras colectadas de suelo se seleccionaron aleatoriamente cinco muestras por sitio para incubarse con adición de MPP del sitio correspondiente y cinco muestras a las que se les agregó MPA, también del sitio correspondiente. A cada muestra de suelo se le adicionó 0.20 g de mantillo.

La producción de CO₂ se cuantificó de igual forma que en el Experimento 1, sólo que en este caso se usó NaOH 1N y el período de incubación fue más corto (29 días).

Análisis de laboratorio

Se determinó la concentración de nutrientes (Ct, Nt y Pt) del MPP y MPA. Estos nutrientes fueron determinados siguiendo el mismo procedimiento que para el Experimento 1.

Análisis estadístico

Para comparar el efecto de la adición de los dos tipos de mantillo en la producción de CO₂, se realizó un análisis de varianza de una vía para cada sitio.

RESULTADOS

i) Experimento 1: Potencial de descomposición microbiano del suelo

Producción de CO₂

Después de 35 días de incubación, la producción total de CO₂ difirió significativamente tanto entre los sitios ($P < 0.0001$) como por el efecto del tratamiento de mantillo ($P = 0.008$; Tabla 5.1). El término de la interacción no fue significativo ($P = 0.27$, Tabla 5.1). Esto sugiere que la incorporación de mantillo aumentó la producción de CO₂ independientemente del sitio.

Tabla 5.1 . Análisis de varianza para probar el efecto de la adición de mantillo a las muestras de suelo de los sitios Arroyo, Ladera, Dosel y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. Muestras de suelo incubadas durante 35 días con y sin mantillo de plantas perennes.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	F	P	R ²
SITIO	3	8.533	0.000	0.37
MANTILLO	1	8.055	0.008	0.12
S*M	3	1.355	0.274	0.06
ERROR	32			

Los suelos de Arroyo, Ladera y Dosel presentaron mayor producción total de CO₂ (Fig. 5.1). El sitio Planicie produjo la menor cantidad de CO₂; sin embargo, la diferencia en la producción entre Dosel y Planicie no fue significativa (Fig. 5.1). Los suelos con mantillo tuvieron una mayor producción de CO₂ que los suelos sin mantillo 860 ± 97.4 y $568 \pm 87.6 \mu\text{gC gsuelo}^{-1}$, respectivamente.

En cuanto al curso temporal de la incubación de los suelos sin mantillo, los sitios Arroyo y Ladera tuvieron una mayor mineralización del segundo al sexto día. En contraste, en los sitios de Planicie y Dosel ésta ocurrió entre los días 2 y 10 (Fig. 5.2) aunque no fue tan pronunciada.

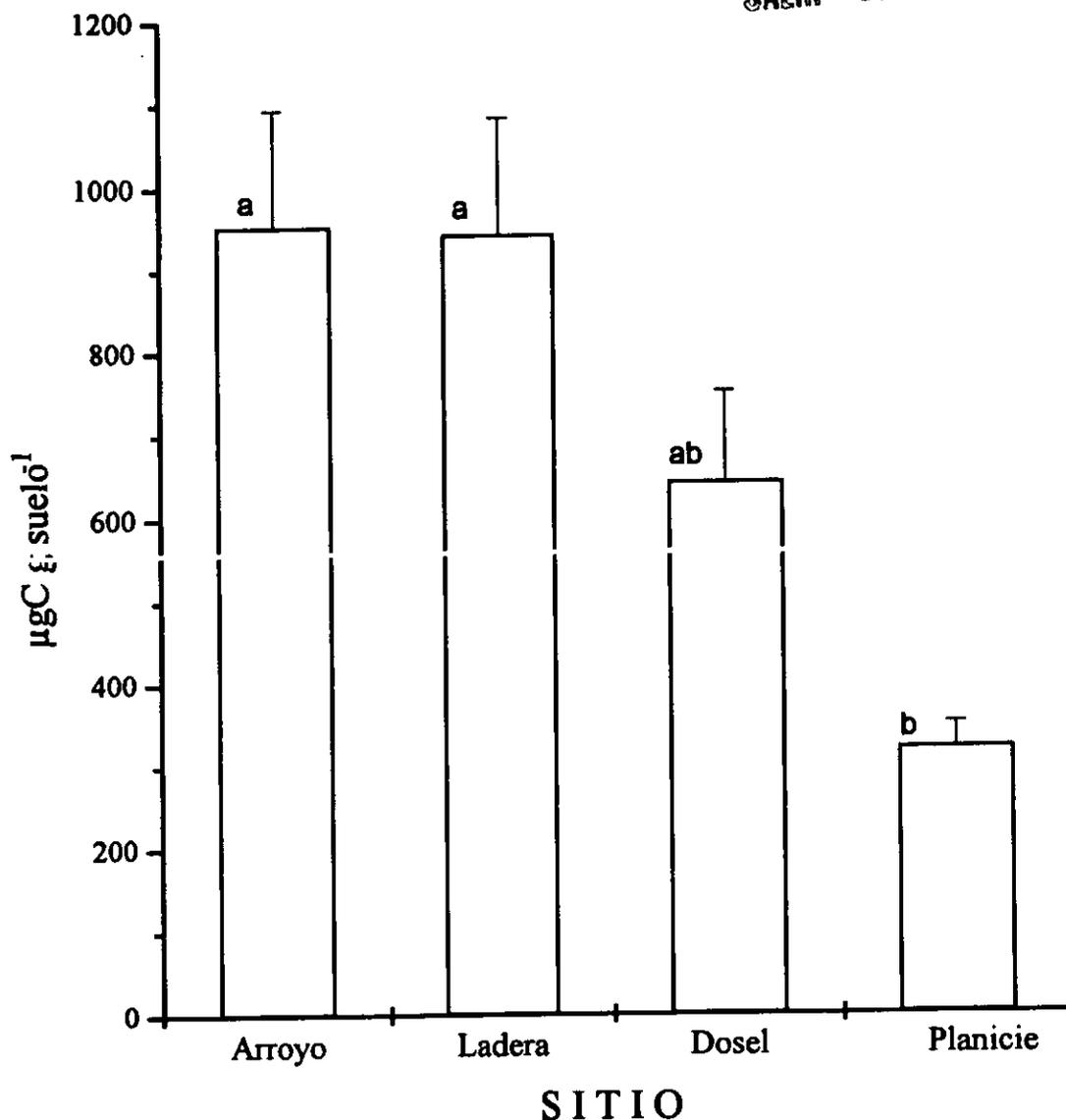


Figura 5.1. Producción total de CO₂ después de 35 días de incubación de suelos colectados en los sitios Arroyo, Ladera, Dosel y Planicie, en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. Las barras representan el promedio (n = 10) y las líneas verticales indican un error estándar. La misma letra indica que las diferencias entre valores promedio con y sin mantillo de cada sitio no son estadísticamente significativos por medio de la prueba de Tukey (P=0.05).

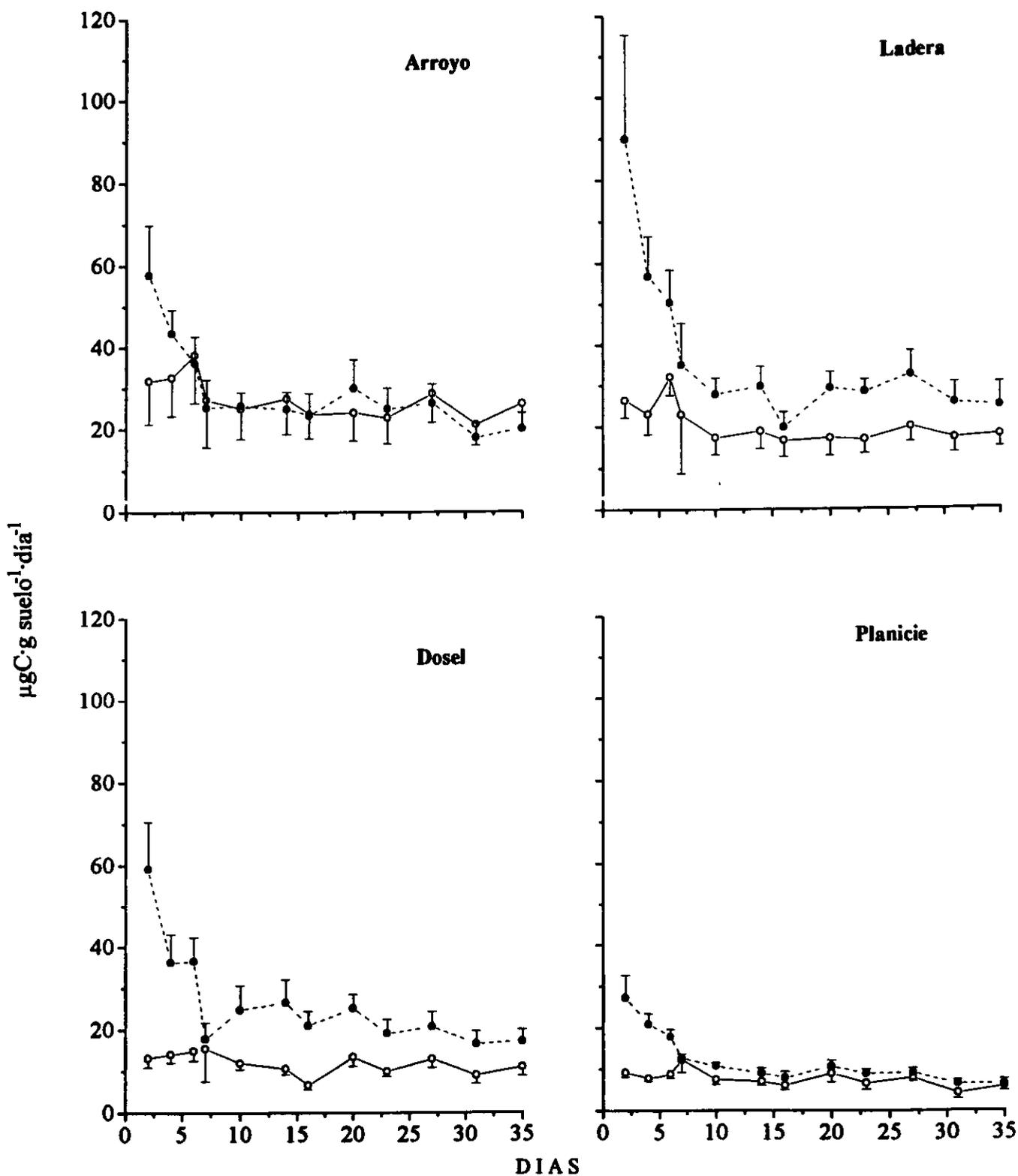


Figura 5.2. Patrones de actividad microbiana ($\mu\text{gC g suelo}^{-1}\text{día}^{-1}$) en suelos sin mantillo (—○—) y con mantillo (---●---) de plantas perennes en los sitios Arroyo, Ladera, Dosel y Planicie, en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. Los valores indican la media ($n=5$) y las líneas verticales un error estándar.

Los suelos con mantillo presentaron su mayor tasa de producción de CO_2 en los primeros días del experimento (Fig. 5.2). Sin embargo, la respuesta temporal de los suelos a la adición de mantillo varió de un sitio a otro. En los suelos del Arroyo, el mantillo no produjo diferencias entre las muestras, a excepción de las primeras dos fechas. En los sitios Ladera y Dosel, el suelo con mantillo tuvo mayor actividad en comparación con el que no se le incorporó, durante casi todo el período de incubación.

Nutrientes en el suelo

Los suelos sin incubar de los sitios Arroyo y Ladera tuvieron mayor contenido de Ct que los sitios Dosel y Planicie, encontrándose en este último sitio los valores más bajos de Nt y Pt (Tabla 5.2)

El cociente C:N fue más bajo en el sitio Dosel, en tanto que el cociente C:P entre sitios fue muy diferente entre sitios. El cociente C:P de la Planicie fue el más bajo, lo que se puede explicar por la baja cantidad de Ct en el suelo (Tabla 5.2).

Los suelos incubados con y sin mantillo de los sitios Arroyo, Ladera y Dosel presentaron mayor contenido de Ct, Nt y Pt. Sin embargo, para el Pt no se encontraron diferencias entre los sitios Ladera y Dosel con respecto al sitio Planicie.

El cociente C:N fue menor en Arroyo; en cambio el cociente C:P de la Planicie fue el más bajo. Lo anterior se puede explicar nuevamente por la baja cantidad de Ct en el suelo de este sitio.

Nutrientes en el mantillo de las plantas perennes (MPP) y de la materia orgánica particulada (MOP)

La cantidad de MOP extraída de los suelos incubados fue menor en Planicie, pero sólo se encontraron diferencias significativas con el sitio Arroyo (Tabla 5.3).

El MPP agregado al sitio Planicie presentó un mayor contenido de carbono que la MOP obtenida después de incubar (Tabla 5.3). En contraste, los valores de Nt y Pt de la MOP para Arroyo fueron mayores a los de la MPP.

Las diferencias en los cocientes C:N entre sitios fueron mínimas. En contraste, el cociente C:P fue menor en el sitio Dosel (Tabla 5.3).

Debido a que la cantidad de MOP en el sitio Planicie fue tan reducida, sólo fue posible realizar la determinación de C total.

Tabla 5.2. Concentración de nutrientes ($\mu\text{g g suelo}^{-1}$, promedio \pm un error estándar) en muestras de suelo de los sitios Arroyo, Ladera, Dosel y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora antes y después de la incubación con y sin mantillo de plantas perennes. La misma letra indica que las diferencias entre valores promedio entre sitios no son estadísticamente significativas por medio de la prueba de Tukey ($P = 0.05$).

SITIO	$(\mu\text{g g suelo}^{-1})$				
	C	N	P	C:N	C:P
SIN INCUBAR (n=2)					
ARROYO	11,450 (1820)	1,005 (555)	955 (445)	15.0 (6.45)	14.2 (4.7)
LADERA	15,825 (4355)	1,060 (180)	605 (35)	14.6 (1.65)	26.6 (8.7)
DOSEL	8,640 (2890)	1,050 (40)	670 (220)	8.3 (3.05)	16.0 (9.5)
PLANICIE	4,605 (5)	295 (5)	535 (15)	15.6 (0.25)	8.6 (0.2)
INCUBACION CON Y SIN MANTILLO (n=10)					
ARROYO	11,790 ^a (1696)	1,077 ^a (161)	778 ^a (78)	11.4 ^a (0.9)	15.0 ^{ab} (1.50)
LADERA	13,049 ^a (1768)	1,033 ^a (107)	626 ^{ab} (35)	12.5 ^{ab} (0.75)	21.8 ^b (3.31)
DOSEL	11,799 ^a (2180)	802 ^a (112)	662 ^{ab} (70)	14.1 ^{ab} (0.96)	18.8 ^b (3.27)
PLANICIE	3,811 ^b (208)	280 ^b (49)	471 ^b (51)	16.2 ^b (1.77)	8.8 ^{ac} (0.93)

Tabla 5.3. Biomasa y contenido (mg) de nutrientes en el mantillo de plantas perennes (MPP) agregado al suelo y de la materia orgánica particulada (MOP) extraída de las muestras de suelo de los sitios Arroyo, Ladera, Dosel y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. Muestras de suelo no incubadas e incubadas durante 35 días con y sin mantillo de plantas perennes (promedio \pm un error estándar). N.D. No Determinado.

MPP Y MOP	BIOMASA (g)	C N P			C:N	C:P
		(mg)				
SIN INCUBAR (n=2)						
MPP De los cuatro sitios	0.2000	82.0 (0.66)	2.6 (0.10)	0.34 (0.25)	32 (1.08)	241 (20.00)
INCUBACION CON Y SIN MANTILLO (n=10)						
MOP						
ARROYO	0.3109 ^a (0.1158)	77.1 ^a (28.5)	4.2 ^a (1.6)	0.30 ^a (0.14)	22 ^a (2.16)	240 ^a (22.34)
LADERA	0.2552 ^{ab} (0.0848)	64.7 ^{ab} (23.0)	3.3 ^a (1.1)	0.30 ^a (0.10)	20 ^a (1.26)	234 ^a (16.16)
DOSEL	0.1806 ^{ab} (0.0700)	55.6 ^{ab} (20.7)	2.2 ^a (0.9)	0.25 ^a (0.09)	24 ^a (1.28)	187 ^a (15.50)
PLANICIE	0.0458 ^b (0.0075)	12.5 ^b (2.1)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

ii) Experimento 2: Mineralización de C de distintas fuentes

Producción de CO₂

Después de 29 días de incubación, la producción total de CO₂ difirió significativamente entre tipos de mantillo en los sitios Planicie y Dosel (P=0.022 y P=0.037, respectivamente (Tabla 5.4, Fig. 5.3). Esto sugiere que la incorporación de diferente tipo de mantillo afecta la producción de CO₂ en estos dos sitios.

Los suelos del sitio Dosel con mantillo de plantas anuales (MPA) presentaron mayor producción total de CO₂ que los suelos con MPP. En cambio, los suelos del sitio Planicie presentaron una mayor emisión de CO₂ con la adición de mantillo de plantas perennes (MPP; Fig. 5.3).

Tabla 5.4. Análisis de varianza para probar el efecto en la producción de CO₂ de la adición de mantillo de plantas perennes y de mantillo de plantas anuales a las muestras de suelo de los sitios Arroyo, Ladera, Dosel y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. Muestras incubadas durante 29 días.

FUENTE	GRADOS DE LIBERTAD	F	P	R²
ARROYO				
Mantillo	1	0.042	0.843	0.006
Error	7			
LADERA				
Mantillo	1	2.969	0.123	0.271
Error	8			
DOSEL				
Mantillo	1	6.227	0.037	0.438
Error	8			
PLANICIE				
Mantillo	1	8.021	0.022	0.501
Error	8			

Las curvas de producción de CO₂ de los suelos incubados con MPA y con MPP se presenta en la Fig. 5.4. En los sitios Arroyo y Ladera, no hubo diferencias entre tratamientos. En Dosel, la mayor tasa de mineralización ocurrió entre el primer y tercer día y en el sitio Planicie ocurrió entre los días 1 y 8.

Calidad del mantillo de plantas anuales y perennes

La concentración de nutrientes en el material foliar que se adicionó a los suelos que se sometieron a incubación se presenta en la Tabla 5.5. La concentración de Ct fue semejante para los dos tipos de mantillo en todos los sitios. El MPP presentó más Nt que MPA. El Pt fue de casi el doble en MPA que en MPP, a excepción del sitio Dosel, donde los valores fueron muy similares.

El cociente C:N fue menor para el mantillo de plantas perennes; en cambio el cociente C:P fue menor para el mantillo de plantas anuales (Tabla 5.5).

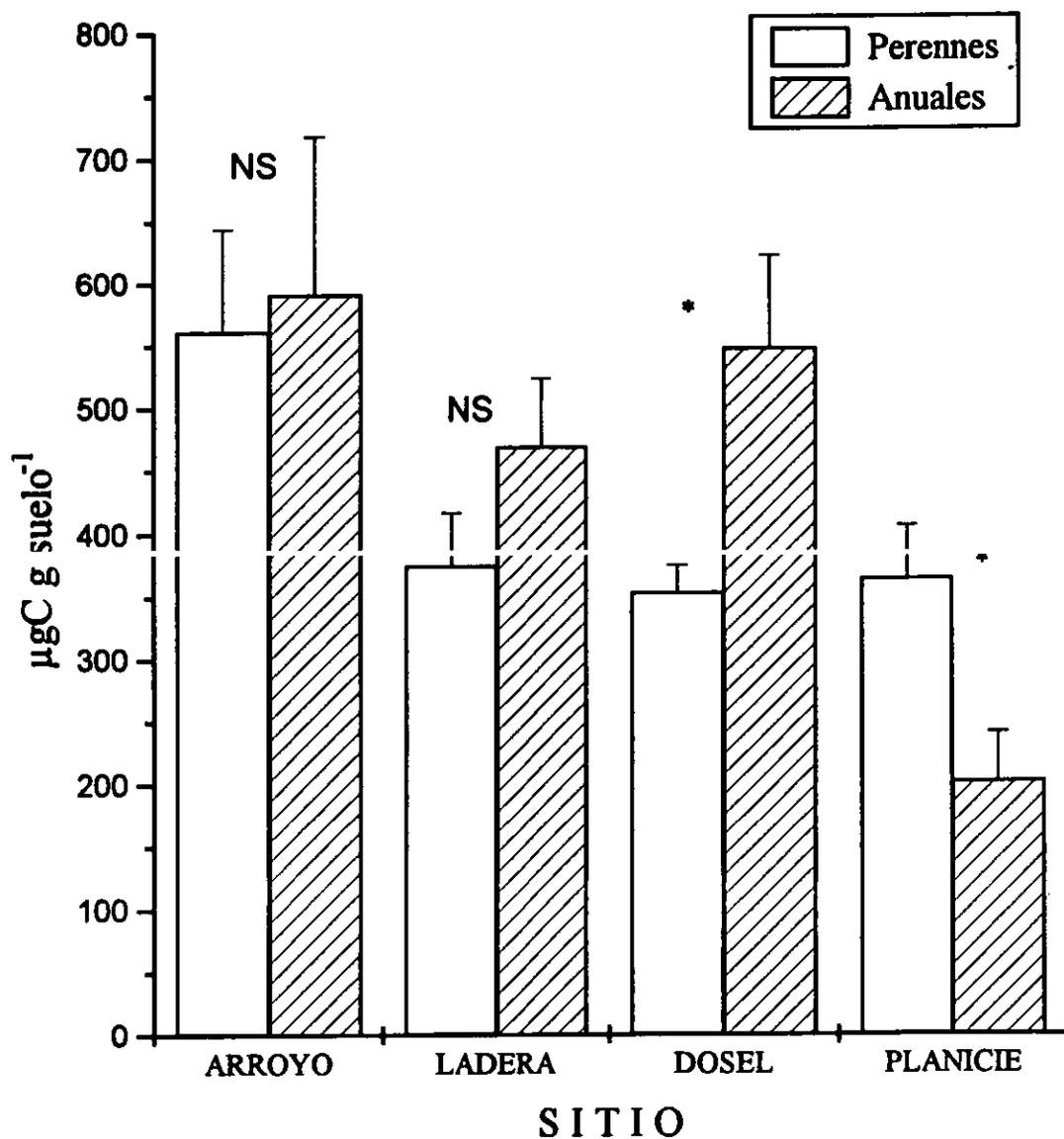


Figura 5.3. Producción total de CO₂ después de 29 días de incubación de suelos colectados en los sitios Arroyo, Ladera, Dosel y Planicie, en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. Las barras representan el promedio (n=5 y n=4 para Arroyo) y las líneas verticales indican un error estándar. Los asteriscos indican que las diferencias entre valores promedio dentro del mismo sitio son estadísticamente significativas.

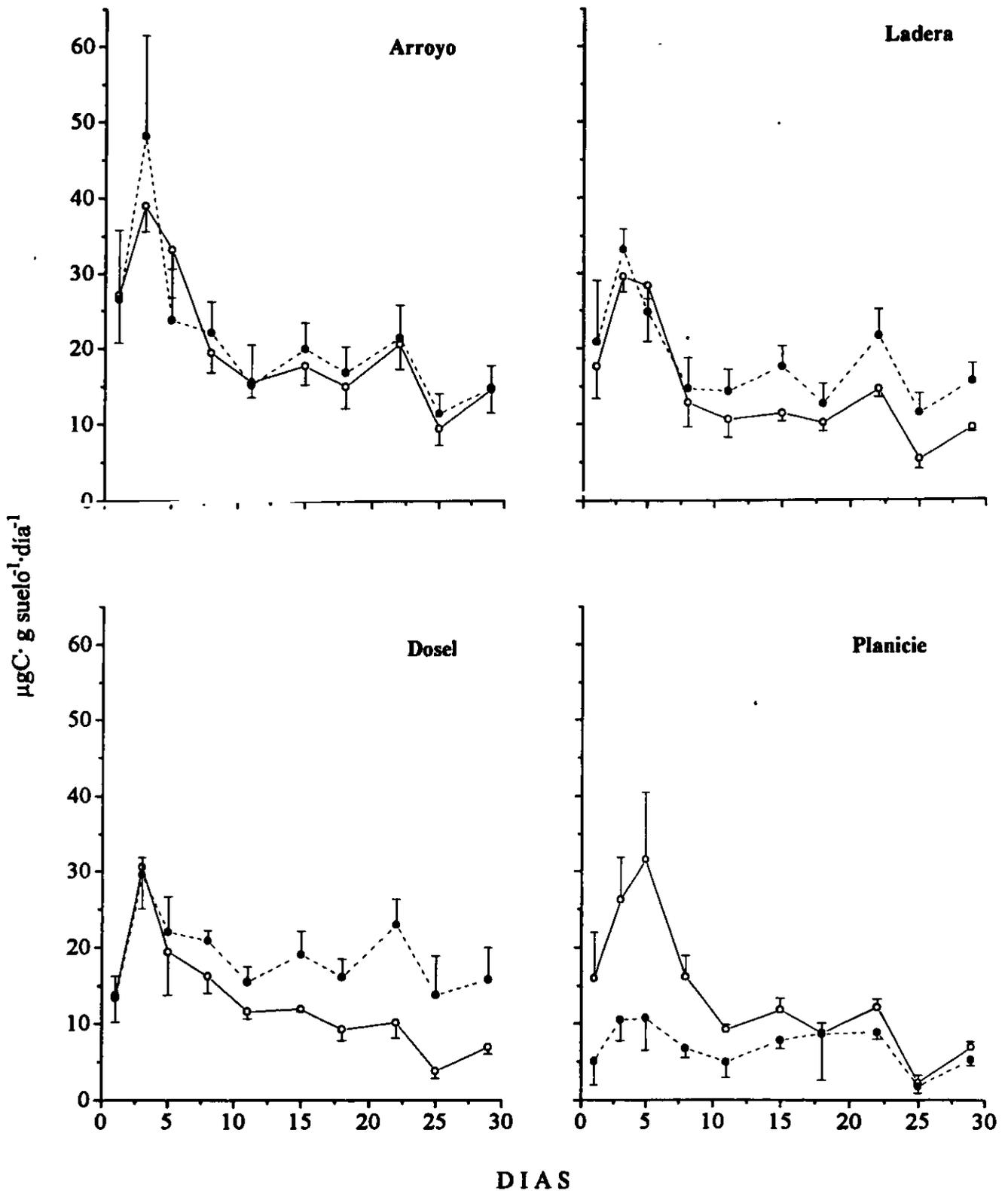


Figura 5.4. Patrones de actividad microbiana ($\mu\text{gC g suelo}^{-1} \text{día}^{-1}$) en suelos con mantillo de plantas anuales (---•---) y mantillo de plantas perennes (—○—) en los sitios Arroyo, Ladera, Dosel y Planicie, en el Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. Los valores indican la media ($n=5$, excepto Arroyo con $n=4$) y las líneas verticales un error estándar.

Tabla 5.5. Concentración de nutrientes (mg.g^{-1} , $n=2$) del mantillo de plantas perennes (MPP) y del mantillo de plantas anuales (MPA) agregado a las muestras de suelo de los sitios Arroyo, Ladera, Dosel y Planicie del Desierto Sonorense al sur de Hermosillo, Sonora. Muestras de suelo incubadas durante 29 días.

NUTRIENTE	ARROYO		LADERA		DOSEL		PLANICIE	
	MPP	MPA	MPP	MPA	MPP	MPA	MPP	MPA
C (mg.g^{-1})	406.3	413.4	421.1	412.0	419.4	424.5	430.2	420.8
N (mg.g^{-1})	19.9	8.8	10.7	6.2	16.6	4.2	11.5	7.9
P (mg.g^{-1})	1.28	2.06	0.78	2.90	0.84	0.98	0.92	2.31
C:N	20	47	39	66	25	101	37	53
C:P	317	201	538	142	500	431	470	182

DISCUSION

El potencial microbiano de descomposición cuantificado experimentalmente en este estudio varió entre sitios. Esto se explica por las diferencias en la actividad de los organismos del suelo y que a su vez está determinada principalmente por el contenido de carbono del suelo (Buyanovsky *et al.*, 1982), por los componentes estructurales de los residuos vegetales, por las condiciones microclimáticas y por la disponibilidad de nutrientes exógenos (Meentemeyer, 1978; Swift *et al.*, 1979; Melillo *et al.*, 1982).

Se ha considerado que el contenido de carbono en el suelo (materia orgánica) y de los nutrientes en los desiertos es baja; sin embargo, en este estudio esto sólo se observó en la Planicie que es la condición más xérica en la región y que probablemente representa el verdadero desierto. Lo anterior, se explica por la gran heterogeneidad espacial en zonas áridas y semiáridas en las que existen hábitats con mayor contenido de nutrientes.

En este trabajo, el N total, P total y C total en el suelo fueron significativamente menores en el sitio Planicie. Este resultado confirma que el suelo bajo las plantas (Dosel) y en sitios con vegetación más densa (Arroyo y Ladera) está enriquecido por nutrientes y materia orgánica biológicamente activa. Esto explica, dentro de las planicies que la respiración microbiana haya sido mayor en Dosel que Planicie (experimento 1). Este resultado es consistente con otros trabajos realizados en praderas de zonas templadas (Hook *et al.*, 1991; Vinton y Burke, 1995) y en praderas y comunidades arbustivas de zonas áridas y semiáridas (Baker y Wright, 1988; Mazzarino *et al.*, 1991; Bolton *et al.*, 1993; Kieft, 1994), en donde los nutrientes del suelo se concentran alrededor de arbustos y pastos, creando zonas denominadas "islas de fertilidad" (García-Moya y McKell, 1970; West, 1981; Bolton *et al.*, 1990; Bolton *et al.*, 1993). Por lo tanto, pueden sustentar poblaciones de microorganismos mayores y más activas (Smith *et al.*, 1994).

En este estudio, se confirmó que la acumulación de restos vegetales bajo la copa de los arbustos mantiene las condiciones favorables para el suministro de N, principalmente en el suelo. Por lo tanto el mayor contenido de N en el suelo en los sitios Arroyo, Ladera y Dosel debe estar relacionada con

la presencia de plantas fijadoras de nitrógeno, por lo que la relación C:N no es importante en la respuesta microbiana en estos sitios. Las concentraciones de Ct, Nt y Pt bajo los arbustos son consistentemente más altas que en los espacios abiertos. El hecho de que el Ct en la Planicie haya sido menor se reflejó con la menor mineralización de carbono.

Una explicación para el bajo contenido de carbono total y materia orgánica del suelo en la Planicie, es la actividad de las termitas, ya que estos organismos acarrear los restos vegetales hacia capas más profundas del suelo. Este fenómeno ya ha sido reportado para los suelos del Desierto Chihuahuense (Whitford, 1991).

Con respecto al potencial microbiano de descomposición de material de origen distinto, se encontró que los suelos con mantillo de plantas anuales (MPA) del Dosel tuvieron una mineralización más rápida que los suelos con mantillo de plantas perennes (MPP). En cambio, para la Planicie los suelos con MPP tuvieron una mineralización más rápida que los suelos con mantillo de plantas anuales (MPA). Este último sitio presentó el menor contenido de N en suelo y en el MPA; por lo tanto, la mayor actividad con MPP se promueve con la adición del mantillo que incluye hojas de plantas perennes fijadoras de N, con mayor contenido de este elemento en comparación con las no fijadoras. Wallace *et al.* (1978) demostraron que la concentración de nitrógeno en tallos de plantas anuales es mucho más baja que en hojas de plantas perennes. En los sitios de estudio, *Olneya tesota* es una especie fijadora de N (Felker y Clark, 1981), dominante en la comunidad, y su contribución es del 22% y 9% de la producción total de hojarasca en los sitios Arroyo y Planicie, respectivamente (Capítulo III). Esto demuestra su importancia en la adición de N al suelo. Además de *O. tesota*, West y Skujins (1978) argumentan que existen otras especies fijadoras de N en el Desierto Sonorense; sin embargo, hasta ahora no se ha podido comprobar aunque probablemente muchas leguminosas presentan esta característica. Por lo tanto, el contenido de nitrógeno es un factor importante que limita el potencial microbiano y, por lo tanto, la tasa de descomposición de los residuos vegetales.

En el sitio Planicie, las plantas anuales tienen un contenido mayor de fósforo que las plantas perennes; sin embargo no hay una respuesta (incrementó en la producción de CO₂) en este sitio con el

aumento de P en el suelo.

Al parecer la relación C:N es la que explica la respuesta microbiana a la adición de los dos tipos de mantillo en los sitios.

En conclusión, en este sistema se encontraron diferencias muy claras en el potencial microbiano de descomposición en los sitios. Los sitios Arroyo, Ladera y Dosel presentan un potencial mayor al de Planicie; aunque no existe diferencia entre estos dos últimos sitios. La mineralización del mantillo añadido también mostró diferencias entre sitios. La mayor producción de CO₂ para el Dosel fue con mantillo de plantas anuales y para Planicie con mantillo de plantas perennes. Lo anterior está justificado por la cantidad y calidad de los recursos en el suelo, la materia orgánica particulada y el mantillo.

REFERENCIAS

- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. 2nd Ed. John Wiley & Sons, New York. 467 pp.
- Baker, E.H. y Wright, R.A. 1988. Microbiology of a duneland ecosystem in southern New Mexico, U.S.A. *Journal of Arid Environments* 15: 253-259.
- Bolton, Jr. H., Smith, J.L. y Link, S.O. 1993. Soil microbial biomass and activity of a disturbed and undisturbed shrub-steppe ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry* 25: 545-552.
- Bolton, H. Jr., Smith, J.L. y Wildung, R.E. 1990. Nitrogen mineralization potential of shrub-steppe soils with different disturbance histories. *Soil Science Society of America Journal* 54: 887-891.
- Buyanovsky, G., Dicke, M. y Berwick, P. 1982. Soil environment and activity of soil microflora in the Negev desert. *Journal of Arid Environments* 5: 13-28.
- Ettershank, G., Ettershank, J., Bryant, M. y Whitford, W.G. 1978. Effects of nitrogen fertilization on primary production in a Chihuahuan desert ecosystem. *Journal of Arid Environments* 1: 135-139.
- Felker, P. y Clark, P.R. 1981. Nodulation and nitrogen fixation (acetylene reduction) in desert ironwood (*Olneya tesota*). *Oecologia* 48: 292-293.
- García-Moya, E. y McKell, C.M. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology* 51: 81-88.
- Hadley, N.F. y Szarek, S.R. 1981. Productivity of desert ecosystems. *BioScience* 31: 747-753.
- Halvorson, W.L. y Patten, D.T. 1975. Productivity and flowering of winter ephemerals in relation to Sonoran Desert shrubs. *American Midland Naturalist* 93: 311-319.
- Hook, P.B., Burke, I.C. y Lauenroth, W.K. 1991. Heterogeneity of soil and plant N y C associated with individual plants and openings in North American shortgrass steppe. *Plant and Soil* 138: 247-256.
- Inouye, R.S. 1991. Population Biology of Desert Annual Plants. En: Polis, G. A. (ed.). *The Ecology*

- of Desert Communities*. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 456 pp.
- Kieft, T.L. 1994. Grazing and plant-canopy effects on semiarid soil microbial biomass and respiration. *Biology Fertility of Soils* 18: 155-162.
- Ludwig, J.A. 1987. Primary productivity in arid lands: myths and realities. *Journal of Arid Environments* 13: 1-7.
- Mazzarino, M.J., Oliva, L., Abril, A. y Acosta, M. 1991. Factors affecting nitrogen dynamics in a semiarid woodland (Dry Chaco, Argentina). *Plant and Soil* 138: 85-98.
- McGill, W.B. y Cole, C.V. 1981. Comparative aspects of cycling of organic C, N, S and P through soil organic matter. *Geoderma* 26: 267-286.
- Mechinnery, V. 1978. Microclimate and lignin control of litter decomposition. *Ecology* 53: 465-472.
- Melillo, J.M., Aber, J.D., y Muratore, J.F. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology* 63: 621-626.
- Moorhead, D.L. y Reynolds, J.F. 1993. Changing carbon chemistry of buried creosote bush litter during decomposition in the northern Chihuahuan Desert. *American Midland Naturalist* 130: 83-89.
- Smith, J.L., Halvorson, J.J. y Bolton, Jr.H. 1994. Spatial relationships of soil microbial biomass and C and N mineralization in a semi-arid shrub-steppe ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1151-1159.
- Swift, M.J., Heal, O.W. y Anderson, J.M. 1979. *Decomposition in Terrestrial Ecosystems*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 372 pp.
- SYSTAT. 1990-1992. SYSTAT version 5.0 SYSTAT Inc., Evaston, IL.
- Technicon Autoanalyzer II. 1978. Technicon publication methods. Technicon Instrument Corporation, New York.
- Tiedemann, A.R. y Klemmedson, J.O. 1973. Nutrient availability in desert grassland soils under mesquite (*Prosopis juliflora*) trees and adjacent open areas. *Soil Science Society of America Proceedings* 31: 107-110.

- Tinsley, J., Taylor, T.G. y Moore, J.H. 1951. The determination of carbon dioxide derived from carbonates in agricultural and biological materials. *Analyst* 76: 300-310.
- Vinton, M.A. y Burke, I.C. 1995. Interactions between individual plant species and soil nutrient status in shortgrass steppe. *Ecology* 76: 116-1133.
- Walkley, A. y Black, I.A. 1934. An examination of the Degtajareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Wallace, A., Romney, E.M., Kleinkopf, G.E. y Souf, S.M. 1978. Uptake of mineral forms of nitrogen by desert plants. Pp. 130-151. *En: West, N.E. y Skujins, J.J. (eds.). Nitrogen in Desert Ecosystems.* Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania.
- Went, F.W. 1942. The dependence of certain annual plants on shrubs in a southern California desert. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 69: 100-114.
- West, N.E. 1981. Nutrient cycling in desert ecosystems. Pp. 301-324. *En: Goodall, D.A. y Perry, R.A. (eds.). Arid Land Ecosystems: Structure, Functioning and Management, Vol 2.* Cambridge University Press. Cambridge.
- West, N.E. y Skujins, J.J. 1978. *Nitrogen in Desert Ecosystems.* US/IBP Synthesis Series No. 9. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania.
- Whitford, W.G. 1991. Subterranean termites and long-term productivity of desert rangelands. *Sociobiologia* 19: 235-243.

CAPITULO VI

DISCUSION GENERAL

DISCUSION GENERAL

El área de estudio es muy heterogénea, en ella se localizan bien representadas tres comunidades no perturbadas, estructuralmente contrastantes, típicas del Desierto Sonorense: 1) vegetación de las Planicies de Sonora, 2) xeroriparia y 3) de pendientes en las laderas de los cerros. Además de las diferencias florísticas y de estructura que existen entre estas comunidades, en este estudio se encontraron diferencias de funcionamiento, lo que indica que esta heterogeneidad espacial de la vegetación, que caracteriza a las zonas áridas y semiáridas, crea diferencias microambientales entre y dentro de sitios que deben tomarse en cuenta en los estudios de productividad primaria. Así, en el sitio Planicie la presencia de árboles aislados de *Cercidium microphyllum* y *Olneya tesota*, crean zonas restringidas de mayor producción y acumulación de mantillo que en los sitios libres de la influencia de la copa de los árboles. Esta zona de enriquecimiento de nutrientes denominadas "islas de fertilidad" están también relacionadas con un aumento en la diversidad de plantas perennes y anuales (García-Moya y McKell, 1970; West, 1981, Bolton *et al.*, 1990; Bolton *et al.*, 1993; Búrquez y Quintana, 1994).

La producción anual total de hojarasca varió espacialmente presentándose un gradiente de producción que aumentó de las condiciones de la Planicie del desierto al sitio Arroyo. De esta cantidad, la mayor parte fue producida por las especies dominantes de cada comunidad y se les consideró como indicadoras de los patrones de producción de hojarasca de los sitios. Por lo tanto, se considera que éstas especies son las más importantes en definir los cambios fenológicos de las comunidades estudiadas.

El funcionamiento de estas comunidades es marcadamente estacional. Se presentan dos estaciones de crecimiento al año, determinados por los períodos de lluvia que se registran en la región (lluvias de verano e invierno). Dependiendo básicamente de la cantidad de agua aportada por las precipitaciones y las condiciones del suelo e hidrología de los sitios, el patrón de caída de hojarasca varía entre las estaciones de crecimiento. La mayor cantidad de hojarasca se produce durante la estación seca, de

septiembre a noviembre con un 34% del total anual. Un segundo pulso de producción de hojarasca, con un 25% del total se presenta posteriormente. Este patrón fue también observado por Maya y Arriaga (1996) en un matorral xerófilo en Baja California Sur. Es notable que el sitio Planicie presente la mayor proporción de la producción anual en los meses de primavera en años en que la lluvia invernal es superior a la media.

La cantidad promedio de mantillo también varió entre los sitios. El tiempo necesario para que ocurra la mayor degradación (entre el 50 y 98%) del material foliar de las especies seleccionadas en cada sitio, se calculó en 183 días. De la estimación indirecta de la descomposición de la materia orgánica por medio del tiempo de recambio se encontró que la Planicie presentó el tiempo más corto en comparación con el sitio Arroyo y Ladera.

La variación temporal del mantillo en los tres sitios también fue marcadamente estacional. Su acumulación coincidió con los períodos de máxima caída de hojarasca y su disminución con la época de máxima descomposición foliar durante las lluvias de verano.

Aunque no se midieron directamente los agentes de descomposición en los sitios, los resultados de los experimentos de bolsas de malla indican que los factores que contribuyeron a la pérdida del material foliar fueron la precipitación, la degradación fotoquímica y el consumo por las termitas. En el sitio Planicie, la fotodegradación y la actividad de las termitas fue muy marcada. La importancia de este grupo de la fauna del suelo en el proceso de descomposición ha sido ampliamente demostrada en distintas zonas áridas del mundo (en el Desierto Chihuahuense por Fowler y Whitford, 1980; Johnson y Whitford, 1975; Santos y Whitford, 1981; Whitford *et al.*, 1982; Silva *et al.*, 1985, MacKay *et al.*, 1987; MacKay, 1991; Whitford, 1991; Parker *et al.*, 1982; en el Desierto Sonorense por Nutting *et al.*, 1975; Nutting *et al.*, 1987; Ebert y Zedler, 1982, en Nigeria por Frazluebbbers *et al.*, 1994 y en Australia por Whitford *et al.*, 1992).

Otro factor importante en la descomposición de la materia orgánica fue la actividad microbiana. El potencial microbiano de descomposición cuantificado experimentalmente en este estudio mostró que también existe una variación entre los sitios. Los sitios Arroyo, Ladera y Dosel (suelo bajo la copa de

arbustos y árboles) tuvieron un potencial microbiano mayor al del sitio Planicie, sin embargo este sitio no presentó diferencias con Dosel. Las diferencias encontradas en el potencial microbiano entre los sitios se debe a factores biológicos del suelo, es decir, a la presencia de microorganismos y disponibilidad de carbono en el mismo. Esto apoya la importancia de los arbustos en favorecer la actividad microbiana y da como resultado sitios con mayor biodisponibilidad de nutrientes. Lo anterior ya ha sido reportado para comunidades arbustivas de zonas áridas y semiáridas (Baker y Wright, 1988; Mazzarino *et al.*, 1991; Bolton *et al.*, 1993; Kieft, 1994). La descomposición del material vegetal de diferente origen (plantas anuales y plantas perennes) en el suelo mostró que para el sitio Dosel el potencial microbiano es mayor con la adición de residuos de plantas anuales, en cambio en Planicie es mayor con la adición de mantillo de plantas perennes. Las plantas anuales pueden tener una contribución muy importante en el ciclaje del carbono; sin embargo, esto es particularmente sobresaliente en años con lluvias abundantes de invierno que favorecen su desarrollo (Martínez-Yrizar, *et al.*, datos no publicados).

En resumen, Planicie es el sitio de menor entrada de carbono vía producción de hojarasca, mayor descomposición por termitas, poco mantillo acumulado en el suelo (almacén de carbono) y bajo potencial microbiano de descomposición. En comparación, en el sitio Dosel (que ocupa aproximadamente el 7% del sitio Planicie) hay mayor entrada de carbono, mayor acumulación de mantillo, menor tasa de descomposición y alto potencial microbiano. De los cuatro sitios Arroyo es el de mayor entrada de carbono, menor tasa de descomposición, mayor acumulación de mantillo y alto potencial microbiano de descomposición. En cambio, Ladera es el sitio con valores intermedios de los procesos estudiados en comparación con el resto de los sitios.

El funcionamiento de las tres comunidades presentes en el área de estudio, no es aislado ya que existe cierto grado de integración entre estos sistemas donde existe la importación y exportación de materiales y por lo tanto de energía. Por ejemplo, el mantillo es acarreado de la comunidad de la Planicie y de la ladera de los cerros por efecto de la escorrentía a la comunidad xeroriparia. También existe movimiento de material vegetal de una comunidad a otra por el efecto del viento.

Con este estudio se dieron a conocer los procesos involucrados en el ciclaje de los nutrientes, y que son fundamentales para entender la dinámica del carbono de la vegetación al suelo en los diferentes compartimentos de tres comunidades en el Desierto Sonorense. Sin embargo, para conocer por completo la dinámica de este elemento es indispensable complementarlo con otros estudios. Entre ellos realizar la medición del carbono en el resto de los compartimentos del ecosistema: por ejemplo pérdida por herbivoría y lixiviación, asignación al sistema radicular, tasas de respiración en condiciones naturales de los descomponedores, plantas y consumidores y la cuantificación de la materia orgánica acumulada en suelo (material metabolizable, es decir compuestos solubles como enzimas y exudados, biomasa microbiana y componentes estables como el humus).

REFERENCIAS

- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. 2nd Ed. John Wiley & Sons, New York. 467 pp.
- Baker, E.H. y Wright, R.A. 1988. Microbiology of a duneland ecosystem in southern New Mexico, U.S.A. *Journal of Arid Environments* 15: 253-259.
- Bolton, H. Jr., Smith, J.L. y Wildung, R.E. 1990. Nitrogen mineralization potential of shrub-steppe soils with different disturbance histories. *Soil Science Society of America Journal* 54: 887-891.
- Bolton, Jr. H., Smith, J.L. y Link, S.O. 1993. Soil microbial biomass and activity of a disturbed and undisturbed shrub-steppe ecosystem. *Soil Biology & Biochemistry* 25: 545-552.
- Búrquez, A. y Quintana, M.A. 1994. Islands of diversity: ironwood ecology and the richness of perennials in a Sonoran Desert biological reserve. Pp 9-27. En: Nabhan, G.P. y Carr, J.L. (eds.). *Ironwood: An Ecological and Cultural Keystone of the Sonoran Desert*. Occasional Papers in Conservation Biology. Occasional Paper No. 1. Conservation International, Washington.
- Ebert, T.A. y Zedler, P.H. 1982. Decomposition of Ocotillo (*Fouquieria splendens*) wood in the Colorado Desert of California. *The American Midland Naturalist* 111: 143-147.
- Fowler, H.G. y Whitford, W.G. 1980. Termites, microarthropods and the decomposition of senescent and fresh creosotebush (*Larrea tridentata*) leaf litter. *Journal of Arid Environments* 3: 63-68.
- Franzluebbers, K., Juo, A.S.R. y Manu, A. 1994. Decomposition of cowpea and millet amendments to a sandy Alfisol in Niger. *Plant and Soil* 167: 255-265.
- Garcia-Moya, E. y Mckell, C.M. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology* 51: 81-88.
- Johnson, K.A. y Whitford, W.G. 1975. Foraging ecology and relative importance of subterranean termites in Chihuahuan Desert Ecosystems. *Environmental Entomology* 4: 480-486.
- Kieft, T.L. 1994. Grazing and plant-canopy effects on semiarid soil microbial biomass and respiration.

- Biology Fertility of Soils* 18: 155-162.
- MacKay, W.P., Silva, S., Loring, S.J. y Whitford, W.G. 1987. The role of subterranean termites in the decomposition of above ground creosotebush litter. *Sociobiology* 13: 235-239.
- MacKay, W.P. 1991. The role of ants and termites in desert communities. Pp. 113-149. *En: G. A. Polis (editor). The ecology of desert communities.* University of Arizona, Tucson.
- Maya, Y. y Arriaga, L. 1996. Litterfall and phenological patterns of the dominant overstorey species of a desert scrub community in north-western Mexico. *Journal of Arid Environments* 34: 23-35.
- Mazzarino, M.J., Oliva, L., Abril, A. y Acosta, M. 1991. Factors affecting nitrogen dynamics in a semiarid woodland (Dry Chaco, Argentina). *Plant and soil* 138: 85-98.
- Nutting, W.L., Haverty, M.I. y La Page, J.P. 1975. Demography of termite colonies as related to various environmental factors: population dynamics and role in the detritus cycle. U.S./I.B.P. Desert Biome Research Memorandum 75-31. Utah State University Logan. 26 pp.
- Nutting, W.L., Haverty, M.I. y La Page, J.P. 1987. Physical and chemical alteration of soil by two subterranean termite species in Sonoran Desert grassland. *Journal of Arid Environments* 12: 233-239.
- Parker, L.W., Fowler, H.G., Eppershank, G. y Whitford, W.G. 1982. The effects of subterranean termite removal on desert soil nitrogen and ephemeral flora. *Journal of Arid Environments* 5: 53-59.
- Santos, P.F. y Whitford, W.G. 1981. The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuahuan desert ecosystem. *Ecology* 62: 654-663.
- Silva, S.L., MacKay, W.P. y Whitford, W.G. 1985. The relative contributions of termites and microarthropods to fluff grass litter disappearance in the Chihuahuan Desert. *Oecologia* 67: 31-34.
- West, N.E. 1981. Nutrient cycling in desert ecosystems. Pp. 301-324. *En: Goodall D.A., Perry R.A. (eds.). Arid land ecosystems: Structure, functioning and management, vol 2.* Cambridge

APENDICE I

Breve descripción de las especies elegidas en el estudio de descomposición (Capítulo IV). La descripción de *Croton sonorae* está basada en Shreve y Wiggins (1964) y el resto de las especies en Turner *et al.* (1995).

Croton sonorae Torr. (Euphorbiaceae)

Arbusto muy ramificado, de 1-2 m de alto, con corteza gris oscura en las ramas más antiguas; las ramas jóvenes tienen una cubierta muy fina de pelos cenizos; peciolo de 3-8 mm de longitud, con pelos en forma de estrella; las hojas son delgadas, de ovadas a oblongo-ovadas, redondeadas en la base. ápice de agudo a acuminado, de 6-20 mm de ancho y de 1-5 cm de largo, haz verde, lustroso y de esparcidamente a moderadamente costroso, con pelos en forma de estrella; márgenes de enteros a ligeramente e irregularmente crenado-sinuoso; flores en racimos de 1-8 cm largo; flores con sépalos de cerca de 1 mm largo, éstos son subglabros. Semillas café oscuro.

Encelia farinosa var. *farinosa* A. Gray (Compositae)

Nombre común: Incienso, hierba del vaso, hierba de las ánimas, hierba ceniza, "brittlebush".

Arbusto redondeado, ramificado y hasta 1.5 m de alto; las puntas de los tallos son pubescentes y blanquiscas, pero se vuelven glabras o lisas con la edad. Cuando se rompe el tallo exuda una resina amarilla. Las hojas son alternas, de lanceoladas a ovadas, de 2-5 cm de ancho y de 3-10 cm de largo, generalmente enteras (ocasionalmente onduladas) y subglabras a densamente cubiertas por un polvo blanco. Las cabezuelas de las flores son de 2 cm de ancho y están en panículas. La primavera (febrero-mayo) es la principal estación de floración, pero cuando hay suficiente lluvia, las flores pueden aparecer entre octubre y enero. Las hojas nuevas aparecen después de las lluvias de invierno cuando el potencial del agua del suelo es alto. Las hojas son glabras, de color azul-verde, con un área foliar mayor de 50 cm².

Jatropha cardiophylla (Torr.) Muell. Arg.

Nombre común: Sangre-de-cristo, sangre-de-drago, sangregado, torote, "limberbush".

Arbusto de tallos rojizos, flexibles desde la base. Al cortar ramas y raíces pueden exudar savia parecida a la sangre. Hojas glabras, crenadas, cordato-deltaide. Racimos en tallos cortos o simples en tallos largos, mayores de 2.5 cm de largo y ancho. Flores blancas y dispuestas en cimas dicotómicamente ramificadas, de 4-7 mm de largo. Las hojas se caen durante el período de sequía. Los primeros botones de las flores aparecen casi al mismo tiempo que las hojas nuevas al final de la primavera. Florece a finales de agosto.

Jatropha cordata (Ort.) Muell. Arg. (Euphorbiaceae)

Nombre común: Mata muchachos, jitolillo, torota blanca, copalillo, mata mala, miguelito, sapo.

Arbol pequeño, de 2-8 m de alto; ramas jóvenes brillantes y rojas; corteza de color rojo pálido a amarilla, desprendiéndose en trozos finos parecidos al papel. Hojas glabras, aserradas, de 2.5-6 cm de largo y 1.5-4.5 cm de ancho, ovadas o cordadas. Las estípulas son glándulas de 1-2 mm de longitud. Las plantas son monoicas, con flores blancas, inconspicuas, en cimas sueltas. Florece de agosto a septiembre. Las hojas aparecen al inicio de las lluvias de verano y se caen durante la sequía.

Olneya tesota A. Gray (Leguminosae)

Nombre común: Palo de hierro, tesota, palo fierro, comitín, "ironwood".

Arbol de 5-10 m de alto con tallo con espinas, ramitas verdes y corteza gris claro agrietada. Hojas compuestas, con 4-10 (ocasionalmente 12) pares de folíolos de obovados a oblongos, de color azul-verde y de 3-10 cm de largo. Flores de color rosa a violeta, de 9-10 mm de largo, dispuestas en racimos axilares de 2-6 cm de largo. Frutos de 8-9 mm de ancho y 3-6 cm de largo, con pocas semillas de color café brillante. La floración se presenta de marzo a mayo o junio. Los frutos empiezan a madurar en mayo o junio y caen 4 a 8 semanas después. Los árboles son esencialmente perennifolios pero pueden perder parcialmente las hojas cuando la humedad del suelo declina, después de las heladas de invierno y antes de florecer.