



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

CAMPUS IZTACALA

BO 1330/97
Ej. 2

DINAMICA DE NITROGENO Y DE FOSFORO EN LA
HOJARASCA DE UNA SELVA BAJA CADUCIFOLIA
EN CHAMELA JALISCO, MEXICO.

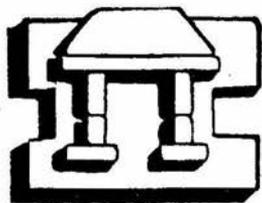
TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

SONIA VERONICA DIAZ AGUIRRE



IZTACALA

MEXICO, D.F.

1997



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DINAMICA DE NITROGENO Y DE FOSFORO
EN LA HOJARASCA DE UNA SELVA BAJA
CADUCIFOLIA EN CHAMELA
JALISCO, MEXICO

CONTENIDO

Agradecimientos

Resumen.....	1
1. Introducción.....	3
2. Objetivos.....	5
3. Antecedentes.....	6
3.1 Los nutrientes.....	6
3.2 El ciclaje de nutrientes en los ecosistemas.....	7
3.3 Interacción del suelo y la vegetación.....	13
4. Descripción del área de estudio.....	16
4.1 Ubicación de la Estación de Biología "Chamela".....	16
4.2 Fisiografía.....	16
4.3 Geología.....	18
4.4 Hidrología.....	19
4.5 Clima.....	20
4.6 Suelo.....	23
4.7 Vegetación.....	24

5. Materiales y Métodos.....	27
5.1 Descripción de los sitios de trabajo.....	27
5.2 Trabajo de campo.....	32
5.2.1 Colecta de hojarasca.....	32
5.2.2 Preparación de muestras.....	34
5.3 Trabajo de laboratorio.....	35
5.3.1 Análisis químicos.....	35
5.4 Análisis estadísticos de los datos.....	36
6. Resultados.....	37
6.1 Producción anual de hojarasca.....	37
6.2 Concentración y contenido de nitrógeno y fósforo (N,P).....	37
6.3 Variación estacional en la concentración y contenido de N y P en la hojarasca	45
6.4 Eficiencia de uso de nitrógeno y fósforo.....	48
7. Discusión.....	50
7.1 Producción de hojarasca.....	50
7.2 Concentración y contenido de nitrógeno y fósforo (N,P).....	51
7.4 Eficiencia de uso del nitrógeno y fósforo.....	56
8. Conclusiones.....	58
9. Bibliografía.....	59

AGRADECIMIENTOS

A través de un largo camino he llegado al final de un laborioso y prolongado trabajo, en donde han sido compañeros y amigos las personas que de muy diversas formas han intervenido en las diferentes facetas que lo integran, las cuales influyeron ampliamente y de manera positiva. A todos ellos mi sincero agradecimiento.

De una manera muy especial quiero agradecer al director de mi tesis Dr. Víctor Joaquín Jaramillo Luque la oportunidad que me brindó de incorporarme a su proyecto, así como el apoyo en la elección del tema propuesto para esta tesis y más adelante su valiosa asesoría, constante apoyo, paciencia e innumerables sugerencias en torno al trabajo; a él muchas gracias por sus enseñanzas, por la preocupación que siempre mostró para que este trabajo llegará a su final y principalmente por haber confiado en mí.

También quiero agradecer ampliamente al Dr. José Manuel Maass Moreno por apoyarme.

Así mismo deseo agradecer al jurado integrado por: Biól. Daniel Muñoz Iniestra, Biól. Francisco López Galindo, Biól. Rogelio Fragozo Ramírez, Dr. Víctor Jaramillo Luque y Biól. Manuel Mandujano Piña. A todos ellos gracias por la revisión cuidadosa que realizaron en el trabajo.

Debo agradecer el apoyo incondicional que me brindaron mis amigos Teresa González, Lyliana Rentería, Raúl Ahedo, Silvia Nuñez, Anabel Domínguez y Patricia Centeno; el cual fue muy importante en el desarrollo de mi tesis. Su participación

además de enriquecer mi trabajo, convirtieron los viajes de campo, el trabajo de laboratorio y su compañía en experiencias muy amenas. Por todo ello mil gracias.

También agradezco ampliamente a Biól. Rocio Esteban y Biól. Georgina García por su apoyo y asesoría en los análisis químicos de las muestras.

A Pilar Islas, Mónica Aguilar, Jorge Castellanos, Arturo Pérez, Luz Vivar, Paz Tapia y Clara García por su ayuda y motivación.

A Rubén Pérez deseo agradecer los comentarios, elaboración de figuras y la edición de la tesis; así como de su amistad incondicional.

Finalmente al Instituto de Ecología, UNAM por las facilidades que me otorgó durante mi estancia como estudiante. Así mismo al personal de la Estación de Biología Chamela.

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Ecosistemas del Instituto de Ecología, UNAM, en el Departamento de Ecología Funcional y con el apoyo de beca con recursos financieros del proyecto DGAPA IN 204094.

A MIS PADRES

Este trabajo no solo forma parte de mi vida profesional sino también de ustedes a quienes debo mucho, principalmente el haberme dado la vida.

Es por ello que gracias asu apoyo, paciencia y constante ánimo he visto terminar una fase más de mi persona, esto logrado a base de privaciones, sacrificios y coraje.

Gracias a ustedes CELIA y RAFAEL por darme este regalo que es la preparación, no solo profesional sino personal y por inculcarme buenos principios y unión familiar para ser una mujer de bien.

CON AMOR, LOS QUIERE

SONIA

A MIS HERMANOS

MINERVA, FABRICIO, LOURDES y ENRIQUE
como un símbolo de hermandad, apoyo mutuo
cariño, amor y comprensión que me han brindado
a través de mi carrera, gracias a todo ello he
seguido su ejemplo.

Los quiero mucho

A MIS TIOS Y ABUELOS⁺

Por la armonía y la unión
que ha mantenido a la familia
en las buenas y malas. Gracias.

A RAYMUNDO

A tí por haberme inculcado conocimientos
académicos a través de mi carrera profesional;
así como por el apoyo que me has brindado desde
que formas parte de mi vida. Aunque no estuviste
físicamente conmigo en la preparación del trabajo
senti tu apoyo desde allá, por todo ello gracias.

Te quiere SONIA

RESUMEN

Para entender el funcionamiento, estructura y dinámica de éste ecosistema tropical estacional, se estudió la dinámica de nitrógeno y fósforo en la hojarasca durante el periodo 1986-1990 con el fin de conocer la producción y cuantificar el aporte de nutrimentos minerales (nitrógeno y fósforo) que regresan anualmente al suelo.

El material analizado se colectó en un área aproximada de 100 ha correspondientes a cuatro sitios localizados en el Cerro el Colorado dentro de la Estación de Biología Chamela, Jalisco en una selva baja caducifolia. La producción promedio anual de hojarasca para el período de estudio osciló entre 313.4 y 396.6 g/m². La concentración promedio anual de N y P en la hojarasca no varió durante los años; mientras que entre los sitios, el 1 y el 4 fueron más altos en cuanto a la concentración de N (2.20 y 2.25%) respectivamente. La concentración de P alcanzó su máximo en el sitio 3 (0.14%). El contenido promedio anual de N y P en la hojarasca fué de 7.1 g/m² y 0.401 g/m² respectivamente. La concentración de N en la hojarasca fué mayor en el período de lluvias (Jul-Oct) en todos los sitios; mientras que la concentración de P presentó variación estacional dependiente de los sitios y las diferencias fueron más pronunciadas entre ellos. En tres de los cuatro sitios, los flujos máximos de N y P se presentaron entre el período Nov-Feb en el cual existe la mayor producción de hojarasca. El sitio 3 en cambio presentó sus máximos entre marzo y junio.

Las proporciones de N:P de la hojarasca en Chamela corresponden a suelos moderadamente fértiles de los trópicos húmedos. La eficiencia de uso del nitrógeno fue mucho más baja que los valores de eficiencia de uso del fósforo. Asimismo éstos valores de eficiencia de uso del N fueron menos variables durante los años y entre los sitios que los de P. Por lo tanto, esto indica que la selva de Chamela no está limitada por éstos nutrimentos.

Se encontraron algunas variaciones significativas entre los sitios y tiempos de muestreo las cuales están asociadas al tipo de vegetación y sobretodo a la estacionalidad tan marcada que existe en la zona.

1. INTRODUCCION

Aunque hay una abundante literatura sobre la estructura y composición de las comunidades vegetales de los trópicos, existen pocos estudios de largo plazo que se enfoquen en conocer la dinámica de estos ecosistemas. El estudio de la productividad primaria y por lo tanto, de los aspectos cuantitativos de los patrones de producción de hojarasca (caída de ramas, hojas, flores, semillas y otras partes vegetales) y de la descomposición de esta materia orgánica, son de primordial interés, ya que éstos representan una parte importante de la ecología de los ecosistemas terrestres (Martínez-Yrizar 1980).

México poseé una gran diversidad de comunidades vegetales, entre las cuales se encuentran las tropicales, que están siendo sometidas a perturbaciones intensas (Rzedowski 1978). Por ello, resulta de suma importancia realizar estudios a largo plazo que nos permitan entender como se distribuye y controla el movimiento de energía, agua y nutrimentos en el ecosistema bajo condiciones naturales y de perturbación. Dicho conocimiento nos permite planear y diseñar prácticas de manejo que optimicen su aprovechamiento y permitan su conservación.

Aunque los ecosistemas no son necesariamente entidades bien delimitadas, lo que hace difícil determinar sus balances de energía, agua y nutrimentos, se pueden estudiar las cuencas hidrológicas como unidad debido a las características geomorfológicas que poseen (Patiño 1990).

En los últimos años, pocos estudios en comunidades tropicales estacionalmente secas se han enfocado a determinar la tasa de producción de hojarasca y su aportación de elementos minerales al suelo, a pesar de que son claves en el flujo de energía y en la transferencia de materiales en el ecosistema. En 1981 se diseñó un estudio a largo plazo para analizar la dinámica de un ecosistema tropical marcadamente estacional como la selva baja caducifolia. Dicho estudio, se inició bajo la dirección del Dr. José Sarukhán en el entonces laboratorio de Ecología del Instituto de Biología, UNAM. Se utilizan cinco pequeñas cuencas hidrológicas en los terrenos de la Estación de Biología Chamela y de la Reserva de Cuitzmala-Chamela en la costa de Jalisco, México. La investigación tiene por objetivo entender la estructura y el funcionamiento de la selva en condiciones naturales, y analizar el impacto de diferentes técnicas de manejo sobre la productividad y el balance de nutrimentos. El presente estudio forma parte de dicha investigación.

2. OBJETIVOS

El presente proyecto forma parte de un estudio a largo plazo sobre la estructura y funcionamiento de un ecosistema de selva baja caducifolia, cuyo objetivo general es cuantificar los balances y flujos de energía, agua y minerales del ecosistema.

Los objetivos de esta trabajo abarcan la cuantificación del balance de minerales los cuales fueron:

- Determinar la cantidad de nitrógeno y fósforo (N y P) que se incorpora anualmente al suelo, vía la producción de hojarasca.
- Determinar la variación en el contenido de minerales (N y P totales) de la hojarasca a través de cuatro ciclos anuales.
- Analizar la variación en el flujo de nutrimentos por la hojarasca entre diferentes sitios de la selva.

3. ANTECEDENTES

3.1 Los nutrimentos

Los nutrimentos son aquellos elementos minerales que: a) son esenciales para el crecimiento, desarrollo y la reproducción de las plantas, y b) su papel fisiológico en la planta no puede ser realizado por otro elemento (Arnon and Strout 1939).

Los nutrimentos disponibles para las plantas se encuentran en el suelo en dos formas: a) como solutos en la solución del suelo, y b) como cationes adsorbidos en el complejo arcilla-humus. Los primeros son potencialmente lixiviables o absorbidos por la vegetación, mientras que los segundos representan una reserva importante de nutrimentos para las plantas, al ser éstos física o químicamente retenidos en el suelo (Solís 1993).

Los nutrimentos son los elementos químicos a partir de los cuales la materia viva se constituye y se mantiene. Los nutrimentos minerales son derivados del suelo, de la intemperización de la roca madre, de la entrada por precipitación de agua y de la atmósfera. Los vegetales los incorporan por sus raíces y son transportados a otros órganos de la planta (Pearcy et al. 1989, Breemen 1995).

Los nutrimentos se encuentran en cuatro compartimientos en los ecosistemas terrestres (Fig. 1): en la atmósfera, en los bancos de nutrimentos disponibles en el suelo, en materiales orgánicos (biota y desechos orgánicos), y en el suelo y rocas minerales (Bormann and Likens 1967).

3.2 El ciclaje de nutrimentos en los ecosistemas

El suelo se puede conceptualizar como un almacén de elementos minerales del ecosistema. La magnitud de dicho almacén dependerá del balance entre el ingreso y la salida de minerales al ecosistema, así como de la capacidad que tenga el suelo para retenerlos. La entrada de elementos minerales al ecosistema y al suelo se da por procesos tales como el intemperismo, la depositación de polvos atmosféricos y la lluvia directa e indirecta. Las vías de salida principalmente son la lixiviación y la erosión, pero también existen salidas de formas volátiles. El balance entre la entrada y la salida de los nutrimentos del ecosistema determina el estado del almacén de dichos nutrimentos. Así por ejemplo, si las entradas son mayores que las salidas podremos decir que el almacén está en crecimiento o que se está recuperando de una perturbación; si las entradas y las salidas son iguales el ecosistema está estable; pero si las salidas son mayores que los ingresos, se habla de un ecosistema en proceso de degradación (Donahue 1981, citado en Solís 1993).

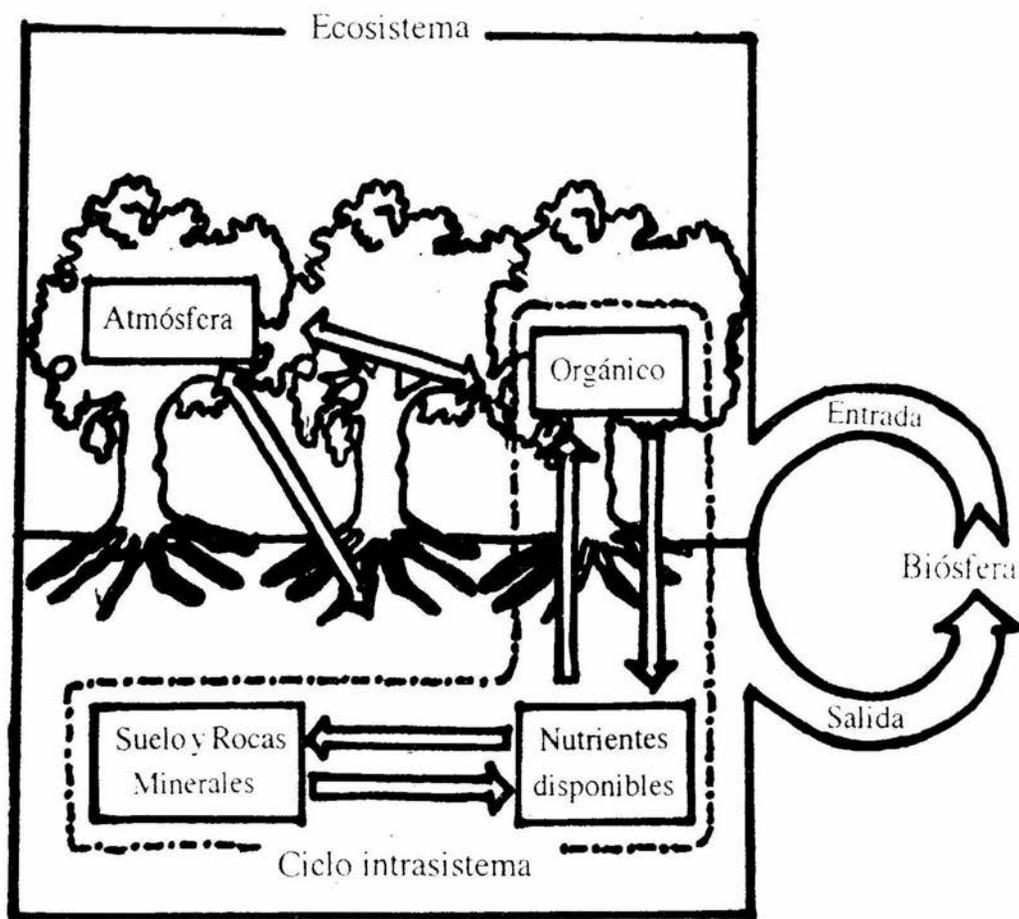


Fig. 1. Esquema de un ecosistema terrestre en el que se muestran algunas de las vías y sitios de circulación de nutrientes (Bormann and Likens 1967).

El contenido de nutrimentos de un ecosistema se acumula en forma paulatina a partir del suministro anual, relativamente lento, proveniente de la atmósfera, más la liberación de minerales a partir del proceso de intemperismo mineral. Los nutrimentos se distribuyen en varios reservorios, cada uno de los cuales tiene funciones y tasas de recambio específicas. Los reservorios de mayor tamaño tienden a localizarse en el suelo, ya sea en la materia orgánica no descompuesta en el suelo mineral y en las rocas que aún no han sufrido intemperismo. La disponibilidad de nutrimentos para las plantas resulta de una compleja serie de procesos interactuantes que influyen en las tasas de recambio de los reservorios. Dichos procesos comprenden el microclima, la calidad química de la materia orgánica, el estado químico general del suelo y la actividad de los animales (Binkley 1992). Los nutrimentos son retenidos y reciclados en rutas particulares a través de diferentes compartimientos del ecosistema.

El ciclaje de nutrimentos en la mayoría de los bosques tropicales es altamente eficiente (altas cantidades de materia orgánica son fijadas por unidad de nutrimento). Los ciclos se caracterizan por las grandes cantidades de nutrimentos que se mueven entre las plantas y el suelo, también por la incorporación rápida por las raíces, las micorrizas y los descomponedores, de manera que se mantienen dentro del sistema (Vitousek 1984).

La capacidad de retención de los elementos minerales depende de las características del perfil del suelo. La vegetación absorbe los minerales del suelo y los reincorpora a través de la caída de sus hojas, ramas y demás estructuras vegetativas, estableciendo un activo proceso de ciclaje de nutrimentos dentro del ecosistema. La vegetación no es el único componente del sistema que utiliza y recicla los elementos minerales, sino que existe una verdadera red de flujos de nutrimentos entre los diferentes componentes del ecosistema (Solís 1993).

El ciclaje de nutrimentos en los ecosistemas es complejo. Algunos elementos ciclan predominantemente entre los organismos vivos y la atmósfera, mientras que otros generalmente ciclan entre los organismos y el suelo. Algunos elementos siguen ambas vías. Hay además un ciclo interno de las plantas y animales que actúan para conservar los nutrimentos dentro de los organismos individuales (Greg et al. 1988).

Basados sobre esas diferencias, los movimientos del ciclo del elemento en los ecosistemas pueden ser asignados a uno o más de tres ciclos principales: geoquímico, biogeoquímico y bioquímico (Kimmins 1987).

Los elementos minerales del suelo siguen diferentes rutas dependiendo de su origen, función y propiedades. A estas rutas de flujo y ciclaje de elementos minerales dentro del ecosistema se le conoce como ciclos biogeoquímicos. Las entradas biogeoquímicas en los ecosistemas estudiados pueden estar derivadas de tres

principales fuentes: la geológica, meteorológica y biológica (Solís 1993, Bormann and Likens 1967).

El intercambio de elementos químicos entre los organismos vivos y los componentes físicos y biológicos de un ecosistema forman una red extremadamente intrincada. La magnitud y el patrón detallado de circulación (velocidad del movimiento dentro del ecosistema) depende del elemento considerado ya que éstos son absorbidos selectivamente y acumulados irregularmente en la biomasa de las plantas y animales así como liberados y transferidos a otros compartimientos del sistema (Binkley 1992). Además, la circulación de elementos no constituye un sistema cerrado ya que el capital nutricional del ecosistema cambia según sean añadidos y/o removidos de él tanto en forma natural como artificial. Lo que significa que son continuamente transferidos a través de sus fronteras (Martínez-Yrizar 1980). Por ejemplo, los elementos químicos pueden salir del ecosistema (egresos de materia y energía) en forma disuelta o como partículas de materia acarreadas por el viento o como resultado de la actividad de animales incluyendo el hombre (por ejemplo, la emigración animal y extracción de madera). Estas salidas deben ser compensadas por entradas simultáneas de materia y energía que eviten disrupciones locales que puedan traducirse en una reducción de los reservorios de nutrientes, restringiéndose en última instancia la productividad del ecosistema (Martínez-Yrizar 1980).

El funcionamiento de los ecosistemas está determinado por la disponibilidad de los nutrientes minerales y el agua, por lo que la cuantificación de los ciclos minerales es uno de los parámetros más importantes a medir en los estudios de ecosistemas.

La hojarasca que yace sobre la superficie del suelo actúa como un almacén de nutrientes y energía en donde existen entradas y salidas. Las entradas se dan por la caída de hojarasca y las salidas por procesos de descomposición (Ewel 1976, citado en Patiño 1990). De esta manera, se mantiene el ciclo interno de los nutrientes que incluye: 1) la aportación de nutrientes por la caída de hojarasca, 2) la disponibilidad de nutrientes debido a la descomposición de la materia orgánica, y 3) la captura de nutrientes por las raíces de las plantas (Bormann and Likens 1967). Un camino alternativo es la transferencia de nutrientes y energía a través de los herbívoros, con lo que la liberación de los nutrientes se ve retrasada hasta que son excretados o los organismos mueren (Aber and Melillo 1991).

3.3 Interacción del suelo y la vegetación

El movimiento de nutrientes en el suelo y su reciclaje a través de la vegetación se establece mediante tres principales procesos:

a) La redistribución de los minerales superficiales por la acción de los organismos del suelo. El suelo contiene organismos, como las lombrices de tierra y las termitas, que mueven la materia orgánica en el suelo. Otros como hongos, bacterias, protozoos y micorrizas, que inmovilizan los nutrientes del suelo almacenándolos temporalmente. La muerte y descomposición de éstos organismos mineraliza los nutrientes que se reincorporan a las formas inorgánicas en el suelo (Russell 1968, citado en Solís 1993).

b) La asimilación de nutrientes por la vegetación que involucra mecanismos de intercambio iónico entre las raíces y los coloides del suelo (Bidwell 1980, citado en Solís 1993). Dada la proporción relativamente alta de biomasa en las raíces de los bosques tropicales secos deciduos y su considerable producción de raíces finas, éstas deben jugar un papel fundamental en la incorporación de nutrientes a la biomasa vegetal (Jaramillo and Sanford 1995).

c) La incorporación de nutrientes al suelo por parte de la vegetación. La liberación de nutrientes del tejido vegetal hacia el suelo se da por dos vías principales: la lixiviación y la descomposición. La lixiviación (tanto del dosel como de la hojarasca) incorpora elementos como el potasio y el magnesio, y otros depositados como polvos (Gosz *et al.* 1978). La descomposición de la madera que forma el mantillo del suelo, y de las raíces finas incorpora nutrientes en los horizontes superficiales del suelo.

En los ecosistemas tropicales la proporción de nutrientes que se encuentran en la vegetación, en relación a la que se encuentra en el suelo, es mayor que en los ecosistemas templados. Por ejemplo, en una selva de Ghana, la vegetación contenía el 30% del nitrógeno, el 50% de calcio y magnesio intercambiables y más del 90% del fósforo del ecosistema (Greenland and Kowal 1966); mientras que en un bosque templado, la vegetación sólo tenía el 9.5% del nitrógeno y más del 90% de éste se encontraba en la materia orgánica del suelo (Bormann and Likens 1967).

Un mecanismo de conservación de los minerales en la vegetación es la retranslocación de ellos de las partes viejas a las partes jóvenes antes de la abscisión del follaje. Sin embargo, dado que la caída de hojarasca es mayor en los ecosistemas tropicales que en los templados, grandes cantidades de elementos son incorporados al suelo (Golley 1983). Además, las tasas de descomposición y absorción de minerales por la vegetación son más altas en los trópicos, haciendo el ciclaje de nutrientes más rápido que en los ecosistemas templados (Esteban 1986).

El nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio son los macronutrientes esenciales, porque naturalmente se encuentran en el tejido foliar en concentraciones mayores a las 1000 partes por millón (ppm). Algunos elementos presentes en concentraciones de solamente unas pocas (ppm) (micronutrientes) son tan esenciales para la nutrición de las plantas como los macronutrientes (Kimmins 1987). No todos los tejidos vegetales tienen las mismas concentraciones de minerales. Si expresamos el contenido de nutrientes como el porcentaje del peso seco del tejido, generalmente las hojas tienen las concentraciones más altas, siguiéndole las ramas y posteriormente los tallos (Binkley 1992).

4. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACION DE LA ESTACION DE BIOLOGIA CHAMELA

El trabajo se realizó en los terrenos pertenecientes a la Estación de Biología Chamela y del Instituto de Biología de la UNAM y de la reserva de la Biósfera Cuitzmala-Chamela la cual está ubicada dentro de las coordenadas geográficas 19° 32' 30" y 19° 32' 38" de latitud Norte y 105° 00' 00" y 105° 05' 00" de longitud Oeste (**Fig. 2**), a la altura del kilómetro 59 de la carretera Barra de Navidad-Puerto Vallarta (carretera federal 200) y a 5 km del pueblo de Chamela, perteneciente al municipio de la Huerta, Jalisco (Esteban 1986).

4.2 FISIOGRAFIA

El área de estudio forma parte de la vertiente sudoccidental de la Sierra Madre del Sur que es una de las 15 provincias fisiográficas de México (Rzedowski 1978). Por estar muy cerca del mar, su planicie costera es sumamente angosta, frecuentemente inexistente. Es una angosta faja de 1,400 km de longitud con una anchura y altitud promedio de 25 km y 100 m respectivamente (Martínez-Yrizar 1980).

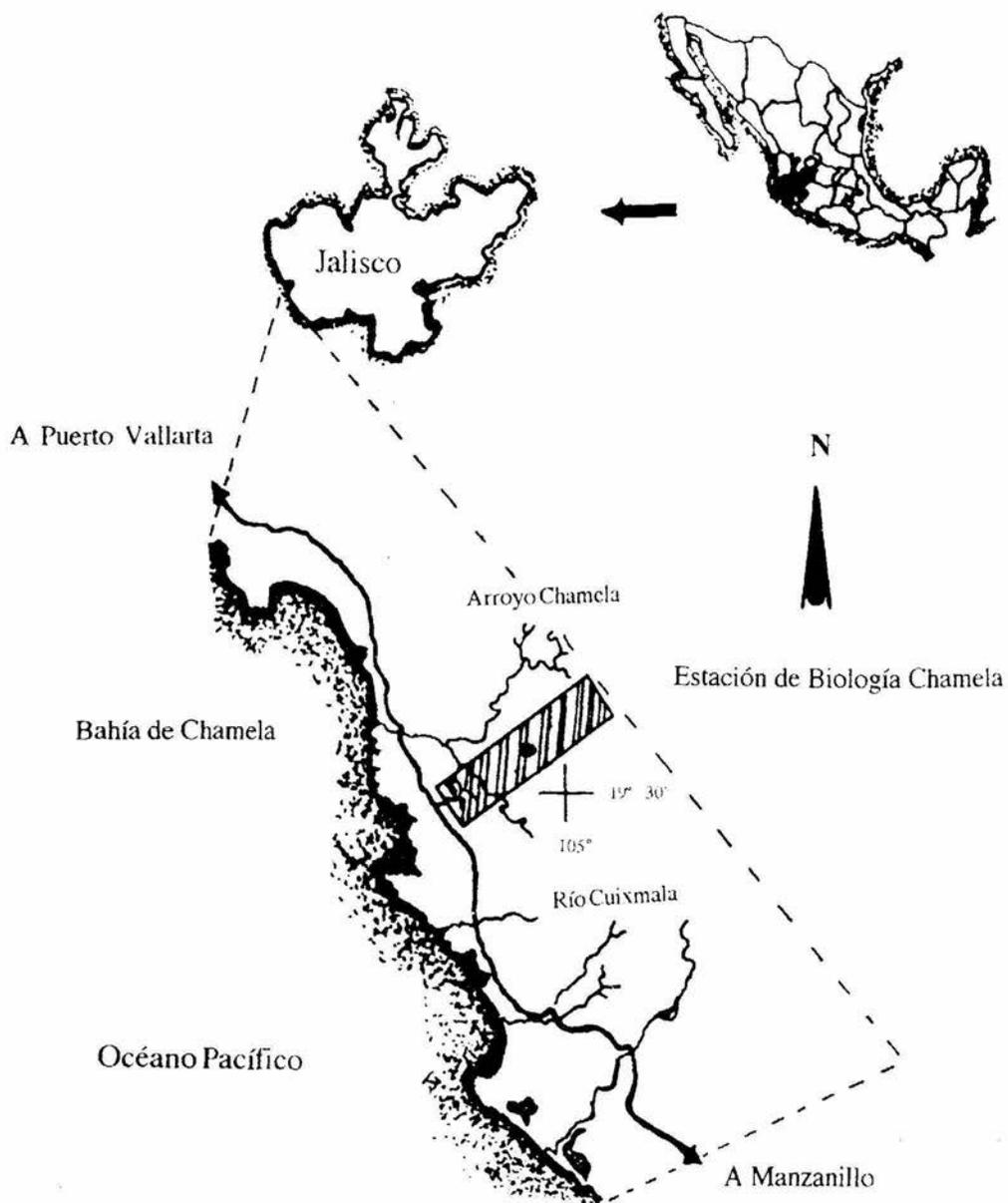


Fig. 2. Localización de la Estación de Biología Chamela en el Estado de Jalisco, México (Modificado de Martínez-Yrizar 1980).

La estación y sus alrededores, se encuentra en una zona predominantemente montañosa, con escasos valles intramontanos, por lo que el relieve es ondulado presentando lomeríos que van de 20 a 250 msnm. Fisiográficamente, la zona es ubicada por Ordóñez (1946, citado en De Ita-Martinez 1983), dentro de la provincia de la Sierra Madre del Sur. La emersión continental de esta Sierra y sus estribaciones han dado como resultado la formación de una costa juvenil en la que apenas se ha iniciado el proceso de erosión de las montañas, rellenando algunos pequeños valles. A su vez, se encuentra dentro de dos de las cuatro provincias fisiográficas que conforman el estado de Jalisco: La Región Montañosa y la del Declive del Pacífico.

4.3 GEOLOGIA

El sistema montañoso de la Sierra Madre del Sur, es un sistema joven y activo. El terreno casi en su totalidad, está formado por rocas terciarias y cuaternarias de origen ígneo intrusivas y extrusivas. En algunas zonas se encuentran rocas sedimentarias, probablemente del período Cretácico, que afloran en áreas pequeñas. Las rocas ígneas que se presentan son: riolitas, andesitas, dacitas y toba-andesíticas, que han quedado al descubierto por la erosión, después del levantamiento de la Sierra Madre del Sur. En la estación de Biología Chamela, las rocas que se encuentran son del tipo riolitas (Campo 1995).

4.4 HIDROLOGIA

El sistema de cuencas hidrológicas se localiza en la cara occidental de la formación orográfica llamada Cerro Colorado. Todas las cuencas desembocan al arroyo El Zarco, que confluye, a su vez, con el arroyo El Colorado. Hidrológicamente la Estación se ubica entre dos zonas, al norte la limita la cuenca del río San Nicolás y al sur la cuenca del río Cuixmala (Solís 1993).

Prácticamente no hay corrientes superficiales de flujo constante, pero existen un gran número de arroyos intermitentes que sólo llevan agua durante la temporada de lluvias y particularmente en septiembre por el efecto de los ciclones que afectan la región.

Durante la época de lluvias, el drenaje principal de la zona lo constituye el Arroyo Chamela que tiene numerosos afluentes de corriente temporal y cuyo cauce disminuye en la época seca del año. La Estación está irrigada por tres de los afluentes: arroyo Colorado al cual drenan otros arroyos secundarios como el arroyo Zarco y el arroyo Cuastecomate (Martínez-Yrizar 1980, Patiño 1990).

4.5 CLIMA

La región de Chamela tiene un clima tropical, el más seco de los cálidos húmedos, con régimen de lluvias en verano (AW (w) i)(Vizcaino 1983).

La precipitación promedio anual es de 679 mm, con 51 tormentas por año para el período de 1983-1990 (García-Oliva *et al.* 1995). El patrón de la lluvia es unimodal (septiembre), con bajo nivel de predicibilidad y con presencia de eventos erráticos, debido a la influencia de los ciclones tropicales (García-Oliva *et al.* 1991). El 90% de las tormentas y la precipitación anual ocurren entre Junio y Noviembre. Septiembre es el mes más lluvioso, concentrando el 31% de la precipitación total anual.

La precipitación promedio anual registrada para el período de estudio (1986-1989) fué de 712 mm por año (**Fig. 3a**); dicho período comprende dos años secos (1986, 1987) y dos años húmedos (1988,1989).

La temperatura media anual es de 24.9°C, siendo el mes más frío marzo con una temperatura media mensual de 22.3°C y el mes más caliente es julio con una temperatura media mensual de 27.3°C (**Fig. 3b**)(Bullock 1986).

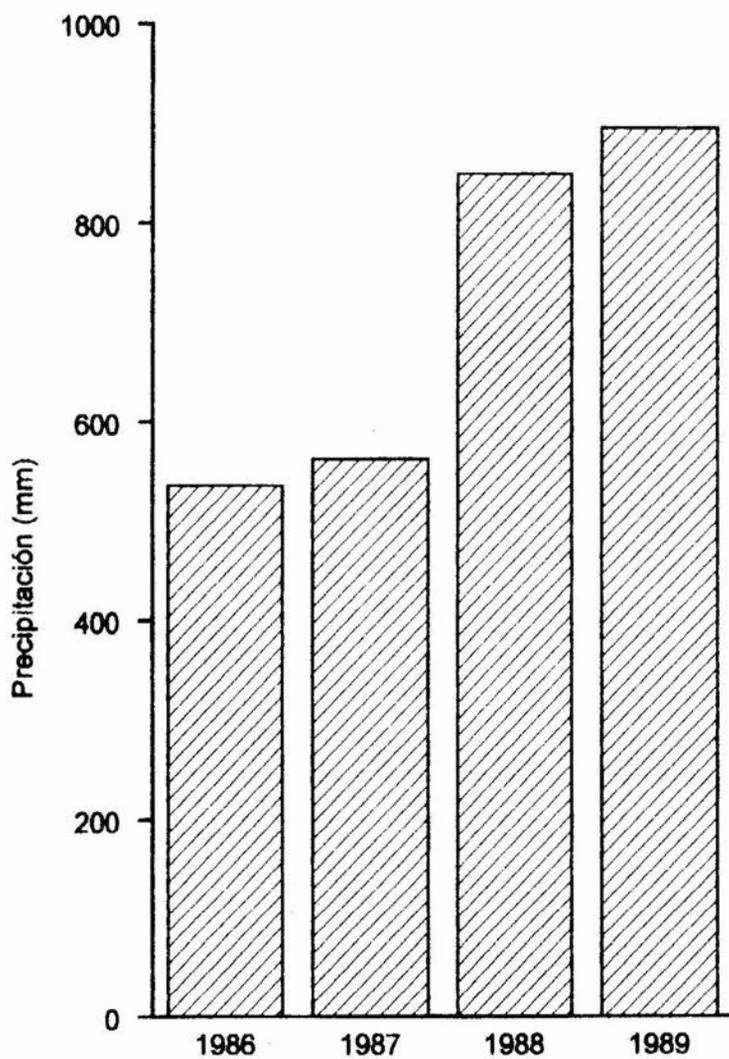


Fig 3a. Precipitación anual de la Estación de Biología Chamela para el período 1986-1989.

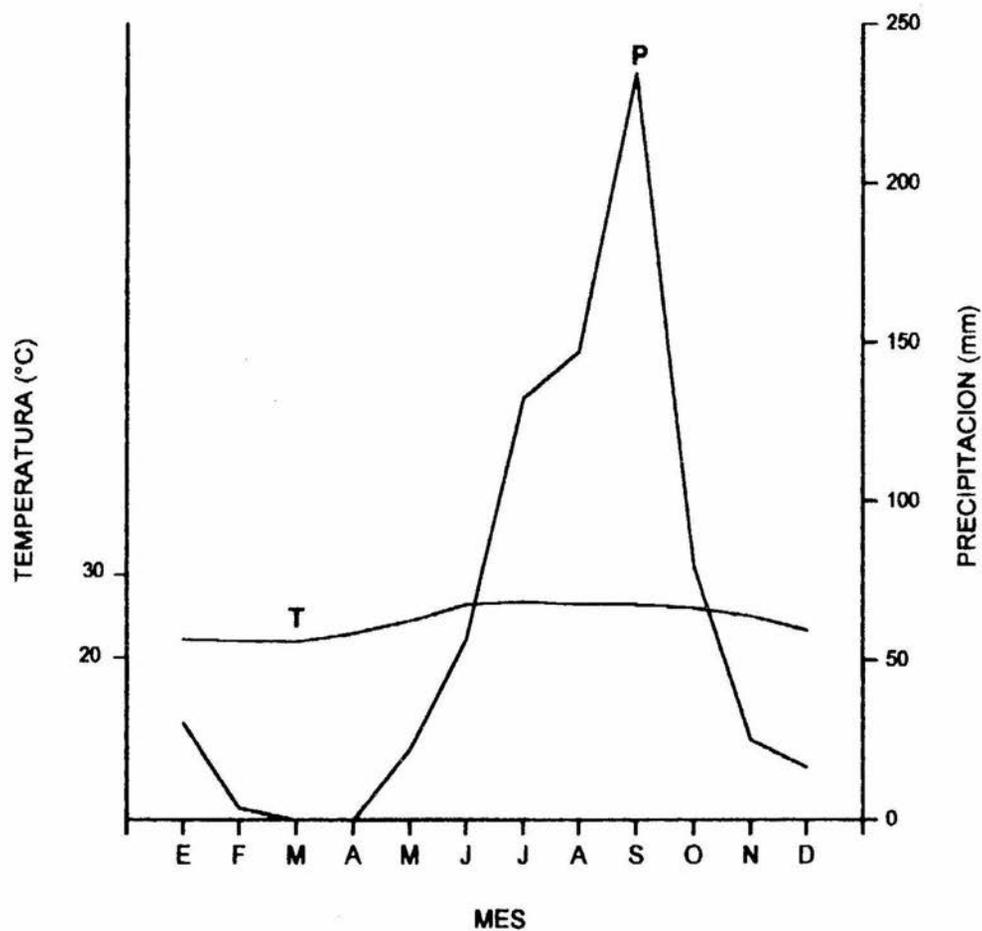


Fig. 3b Climograma de la Estación de Biología Chamela (Bullock 1986). Precipitación media mensual (P). Temperatura media mensual (T).

4.6 SUELO

Los suelos predominantes son jóvenes, tienen poca estructura, y son poco profundos (0.5 a 1 m de profundidad) debido a las fuertes pendientes. Son de color café amarillento pálido en la época seca y en la época húmeda café-amarillento oscuro, con textura migajón-arcillosa, aunque en algunas ocasiones se encuentra el tipo migajón arcillo-arenoso (Solís 1993).

Los suelos se ubican dentro del orden Entisol, suborden Orthens. El tamaño de las partículas del suelo corresponden a 62% arenas, 20% arcillas y 18% limo. Los valores de densidad aparente oscilan entre 1.07 y 1.23 g/cm³. Son suelos de desarrollo superficial y reciente, que sólo han formado un epipedón ócrico o simplemente horizontes artificiales además de tener procesos mínimos de intemperización, lixiviación y eluviación. La concentración de materia orgánica es de 2.5% y el pH se encuentra entre 6.4 y 6.7 (Solís 1993).

4.7 VEGETACION

En el área de la Estación de Biología y sus alrededores existen dos tipos principales de vegetación: la selva baja caducifolia (S.B.C) y la selva mediana subperennifolia (S.M.SP)(Lott 1993).

La característica más conspicua de la S.B.C. es la estacionalidad de la caída de las hojas. Con pocas excepciones, las especies permanecen sin hojas por varios meses durante la estación seca cada año (Bullock and Solis-Magallanes, 1990, Martínez-Yrizar and Sarukhán 1990).

Se han reportado en la estación de Biología 780 especies de Traqueophyta, con un total de 107 familias donde las más diversas fueron Leguminosae, Euphorbiaceae, Compositae, Convolvulaceae, Rubiaceae, Bromeliaceae, Malvaceae y Acanthaceae (Lott 1985).

Lott *et al.* (1987) encontraron que la riqueza florística excede a la de otras selvas similares con más del doble de lluvia anual. El muestreo por transecto, que suma en total 0.3 ha, incluyó 176 especies y 1352 plantas. Más recientemente, Lott (1993) encontró en la región de Chamela que la flora vascular en un área de 350 km² consiste de 1,120 especies en 544 géneros de 124 familias. De esas especies alrededor del 10% son endémicas de los estados de Jalisco y Colima.

A) Selva Baja Caducifolia (S.B.C.)

Este tipo de vegetación predomina en los terrenos de la estación de Biología y en la Reserva de la Biósfera. La S.B.C. domina en las pendientes pronunciadas y en las partes altas de los cerros, donde el suelo es somero, pedregoso y de colores claros.

Una de las características principales de esta vegetación es que pierde sus hojas en la época de sequía y que las alturas máximas de los árboles no sobrepasan los 15 m de altura, aunque la altura más frecuente oscila entre 8 y 12 m. La gran mayoría de las especies pierden sus hojas, y aunque la caída del follaje no es necesariamente simultánea en todas, son muchos los meses durante los cuales se mantiene la fisonomía (Rzedowski 1978).

Lo más frecuente en este tipo de vegetación es que se pueden distinguir por regla general dos estratos arbóreos: el estrato arbóreo que mide comúnmente de 8 a 15 m y el estrato arbustivo que es muy variable en cuanto a su presentación (Rzedowski 1978). Algunas de las especies más comunes en este tipo de vegetación son: *Cordia alliodora*, *Croton pseudoniveus*, *Croton sp. nov.*, *Lonchocarpus lanceolatus*, *Trichilia trifolia*, *Thouinia parvidentata*, *Caesalpinia eriostachys*, *Amphiterygium adstringens* y *Randia thurberi* (Lott 1985).

B) Selva Mediana Subperennifolia (S.M.SP.)

La selva mediana subperennifolia se establece en las partes bajas de los lomeríos, siguiendo el curso de los arroyos y donde los suelos son generalmente profundos, de colores oscuros y de texturas francas, presentando estratos de grava y cantos rodados. Se distinguen tres estratos: estrato arbóreo que mide de 15 a 25 m de altura; estrato arbustivo de 7 a 15 m de altura y, estrato herbáceo arbustivo, que se caracteriza por presentar alturas máximas de 7 m. Las especies arbóreas más frecuentes son: *Thounidium decandrum*, *Astronium graveolens*, *Brosimum alicastrum* y *Sideroxylon capiri* (Lott 1985).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 DESCRIPCION DE LOS SITIOS DE TRABAJO

La zona específica de estudio abarca aproximadamente 99 hectáreas de la formación orográfica denominada Cerro el Colorado, que cuenta con un sistema de cinco cuencas contiguas alejadas hacia el Oeste y localizadas a 3900 m de la línea costera con una elevación promedio de 150 msnm. Las cuencas tienen una superficie entre 11 y 28 ha, sus cauces tienen entre 2 y 4 m de ancho y desembocan sobre un tramo de 3 km del arroyo el "Zarco". (Fig.4). En la **tabla 1** se presentan las principales características de cada uno de los sitios de muestreo en la Estación de Biología Chamela, UNAM.

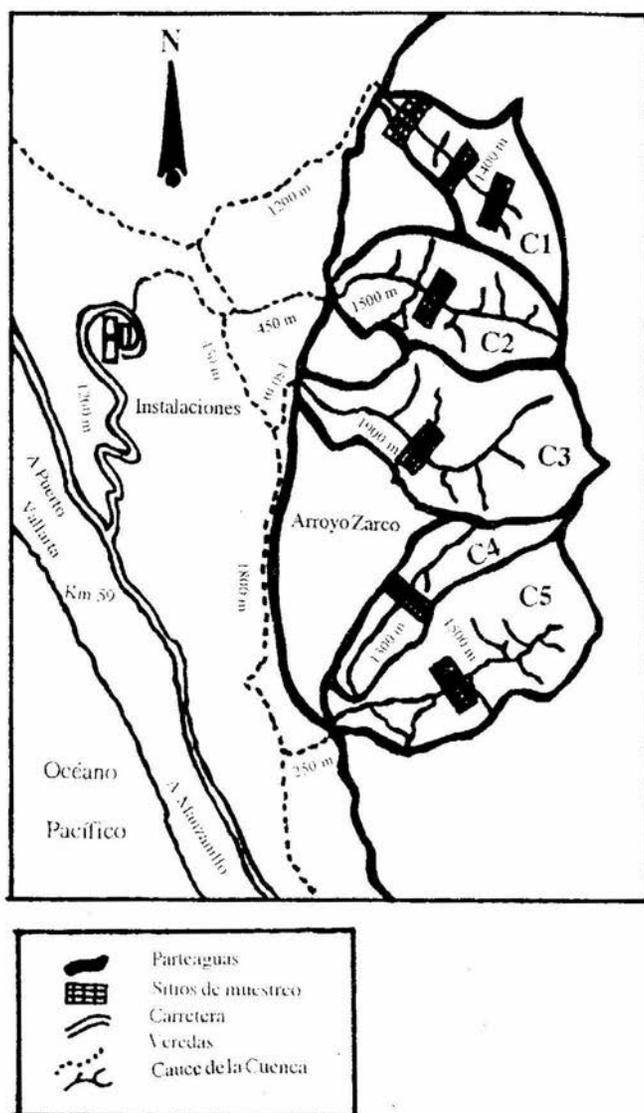


Fig. 4. Ubicación de las cuencas y localización de los sitios de muestreo dentro de la Estación de Biología Chamela (Modificado de Maass *et al.* 1994).

PARAMETROS	SITIOS			
	1	3	4	5
FISIOGRAFIA				
ELEVACION	48	55	75	68
RELIEVE	Lomerío	Lomerío	Lomerío	Lomerío
MATERIAL PARENTAL	Riolita	Riolita poco intemperizada	Riolita poco intemperizada	Riolita
AREA DE ESTUDIO (ha)	14.91	28.04	11.82	28.80
DIVERSIDAD				
SPP/SITIO	78	83	85	87
SPP MAS IMPORTANTES	<i>Guajira macrocarpa</i> <i>Lonchocarpus eriocarinalis</i> <i>Plumeria rubra</i> <i>Piptadenia constricta</i> <i>Bursera instabilis</i>	<i>Celaenodendron mexicanum</i> <i>Bursera arborea</i> <i>Thouinidium decandrum</i> <i>Guajira macrocarpa</i> <i>Lonchocarpus constrictus</i>	<i>Guajira macrocarpa</i> <i>Plumeria rubra</i> <i>Lonchocarpus eriocarinalis</i> <i>Bursera instabilis</i> <i>Caesalpinia eriodactylus</i>	<i>Guajira macrocarpa</i> <i>Lonchocarpus eriocarinalis</i> <i>Tabebuia impetiginosa</i> <i>Caesalpinia eriodactylus</i> <i>Piptadenia constricta</i>
HIDROLOGIA				
PENDIENTE DEL CAUCE (%)	15.50	8.90	8.40	8.00
LONGITUD DEL CAUCE (Km)	0.48	0.90	0.68	0.73
SUELO				
pH	6.59	6.56	6.58	6.48
MATERIA ORGANICA (%)	3.71	3.03	2.58	3.28
COLOR EN SECO	Café amarillento	Café amarillento pálido	Café amarillento pálido	Café amarillento pálido
COLOR EN HUMEDO	Café amarillento oscuro	Café amarillento oscuro	Café amarillento oscuro	Café amarillento oscuro
TEXTURA	Migajón arenoso	Migajón arenoso	Migajón arenoso	Migajón arenoso

TABLA 1. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS DE MUESTREO EN LA ESTACION DE BIOLOGIA DE CHAMFLA (Pérez-Jiménez datos no publicados, Solís, 1993; Cervantes, L., et al. 1988).

Dentro de las cuencas se distribuyen siete cuadros permanentes de muestreo cada uno de 2400 m². Tres de ellos se localizan en la parte alta, media y baja de la cuenca 1. Los cuatro cuadros restantes se ubican en la parte media de las otras cuatro cuencas. A su vez cada cuadro se encuentra dividido en 24 subcuadros de 10 X 10 m, excepto el cuadro de la parte alta de la cuenca 1, que debido a su topografía sólo presenta 21 subcuadros. Estos cuadros se encuentran situados de una manera tal, que el cauce del arroyo los divide en su parte media. Por lo tanto, en cada una de las laderas hay 12 subcuadros: 6 en la parte superior y 6 en la parte inferior (**Fig.5**).

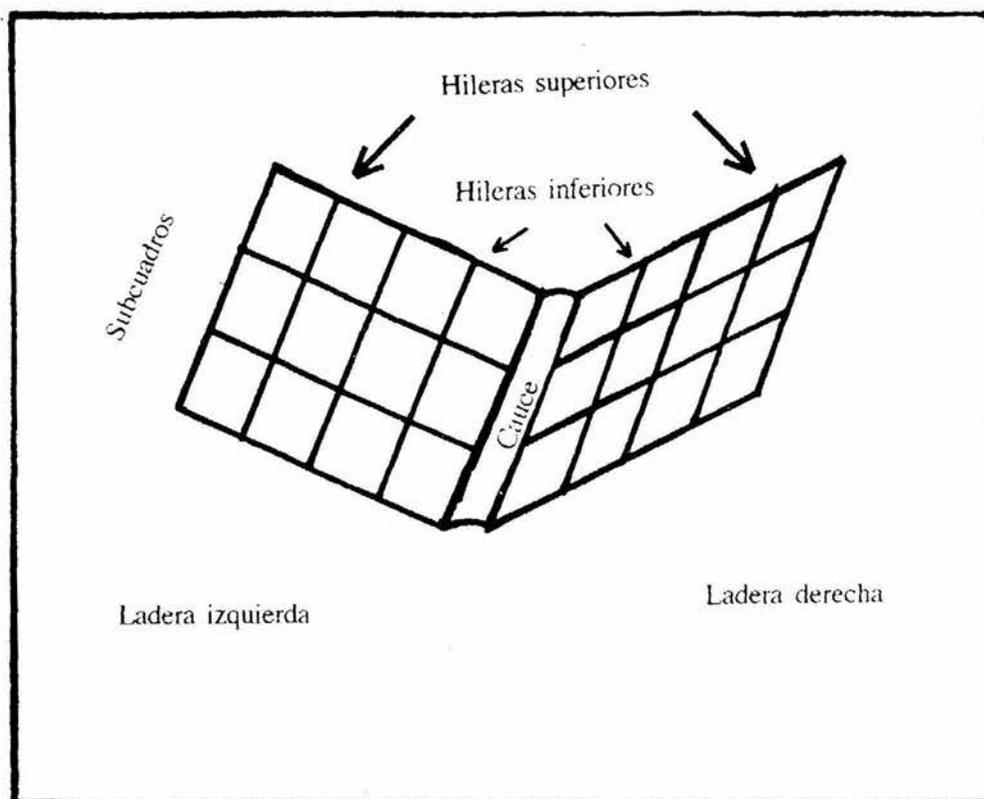


Fig. 5. Arreglo de las muestras compuestas en los sitios permanentes de muestreo (Esteban 1986)

5.2 TRABAJO DE CAMPO

5.2.1 COLECTA DE HOJARASCA

Las colectas de hojarasca se han realizado desde 1982, los últimos días de cada mes. Las muestras que abarcan este estudio son del período 1986-1990 y se colectaron de la siguiente manera:

Dentro de cada uno de los subcuadros permanentes de muestreo de 10 x 10 m se localiza una trampa para estimar la producción de hojarasca. Las trampas fueron diseñadas de acuerdo con el modelo propuesto por el Programa Internacional de Biología (I.B.P.).

Las trampas consisten de un aro de alambre de 50 cm de diámetro (0.1963 m²), forrado con plástico, del cual cuelga una malla de nylon en forma de embudo. El aro está sostenido por tres estacas de aluminio, a 1 m del suelo (Martínez-Yrizar 1980) (Fig.6). La instalación de las trampas en el campo se inició durante el año de 1981. La hojarasca colectada se pasó a bolsas rotuladas con la fecha, el número de trampa, número de cuadro, etc. Se secaron a 80° C durante 72 h y se pesaron. En el presente estudio se analizaron las muestras comprendidas en el período 1986-1990.

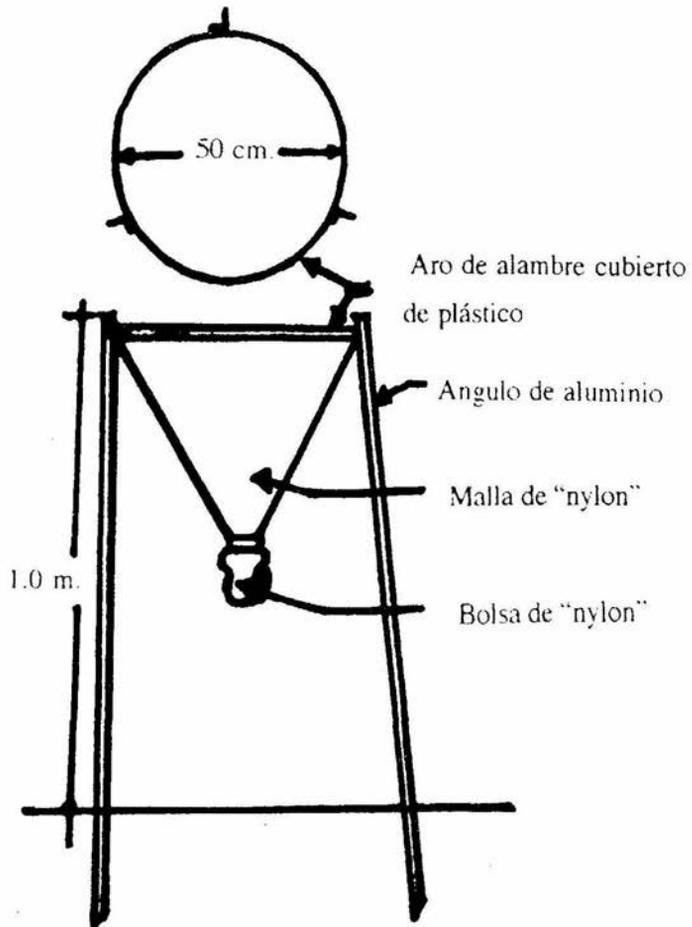


Fig. 6. Trampa para estimar la producción de hojarasca (Vizcaino 1983).

5.2.2 PREPARACION DE MUESTRAS

Para la determinación del N y P totales se hicieron muestras compuestas por períodos para cada año. De tal forma que los períodos analizados fueron: a) Julio-Octubre, b) Noviembre-Febrero y c) Marzo-Junio. De éstos, el primer período corresponde a la estación de lluvias y el tercero a la estación seca. El período de Noviembre-Febrero representa un período de transición.

Para el presente estudio se tomaron en cuenta solamente los cuadros medios de cuatro cuencas. Las muestras de la cuenca 2 no estuvieron disponibles para su análisis. Se hicieron muestras compuestas por cuadro juntando las correspondientes a las tres hileras en sentido perpendicular al cauce de la cuenca en cada ladera. Esto produjo seis muestras por sitio por colecta. Como las colectas se juntaron por períodos de cuatro meses se tuvieron dieciocho muestras por sitio por año. Dado que se trabajaron cuatro sitios esto dió un total de 72 muestras por año, totalizando 288 para los cuatro años de estudio.

5.3 TRABAJO DE LABORATORIO

5.3.1 ANALISIS QUIMICOS

Una vez llevada la hojarasca a peso constante, se procedió a moler la muestra hasta que pasó por una malla de 0.5 mm. Para determinar las concentraciones de N y P totales en muestras de tejido vegetal, fue necesario someter el material a digestiones húmedas. Las técnicas utilizadas fueron:

Digestión ácida: Método industrial No. 369-75A/B (Technicon Industrial System 1977).

Nitrógeno total: Método kjeldhal previa digestión ácida de la muestra; Método No. 696-82W (Technicon Industrial System 1977).

Fósforo total: Método del ácido ascórbico, previa digestión ácida de la muestra; Método No.696-82W (Technicon Industrial System 1977).

Se utilizó 0.25 g de material vegetal y fue digerido con 7 ml de H_2SO_4 , 1.0 g de una mezcla digestora compuesta de K_2SO_4 y Cu_2SO_4 (relación 9:1) y 3 ml de H_2O_2 . Las concentraciones de P y N fueron determinadas por colorimetría.

Una vez obtenidas las concentraciones de N y P, los contenidos (g/m^2) se calcularon multiplicando dichas concentraciones por el peso de la hojarasca para obtener el flujo de nutrimentos aportados al suelo.

5.4 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS

Para comparar la concentración y flujo de los nutrimentos (N y P) entre los sitios se aplicó un análisis de varianza de una vía para cada uno de los años de muestreo y para cada nutrimento. Si el análisis mostraba diferencias significativas entre sitios ($P < 0.05$), se llevó a cabo una prueba de comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey (Steel and Torrie 1980), con el fin de establecer cuáles sitios eran diferentes entre sí. Los datos se transformaron cuando no se satisfacían los supuestos del análisis de varianza. Para el caso del contenido de nitrógeno en el año 1989-1990 ninguna, transformación normalizó la distribución, por lo cual se realizó una prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. El análisis se realizó con el programa SPSS/PC versión 3.0.

6. RESULTADOS

6.1 PRODUCCION ANUAL DE HOJARASCA

La producción promedio anual de hojarasca durante el período de 1986-1990 se presenta en la **Tabla 6.1**. El promedio de los cuatro sitios para cada año osciló entre 313.4 y 396.6 g/m², con un promedio global de 354.7 g/m².

La variación anual en la producción de hojarasca en los sitios fue considerable. Por ejemplo, la diferencia máxima en el año 1986-87 fue de 155 g/m² entre los sitios 1 y 3, mientras que en 1988-89 la diferencia fue de 137 g/m² (**Tabla 6.1**). El sitio 3 fue consistentemente el más productivo durante los cuatro años.

6.2 CONCENTRACION Y CONTENIDO DE NITROGENO Y FOSFORO (N,P)

La concentración promedio anual de N y P en la hojarasca de los cuatro ciclos no presentó mucha variación, aunque la concentración de N aumentó ligeramente con los años (**Tabla 6.2**). Este no fue el caso para el P. Al examinar la variación entre los sitios se pudo observar que la concentración de N fue un poco más alta en los sitios 1 y 4, mientras que la de P alcanzó su máximo en el sitio 3 (**Tabla 6.3**).

AÑOS	SITIOS EXPERIMENTALES				PRODUCCION PROMEDIO ANUAL
	1	3	4	5	
86-87	258.30	412.8	288.3	380.2	334.9 ± 73.4
87-88	309.4	470.3	351.6	454.9	396.6 ± 78.5
88-89	250.5	387.5	271.5	343.9	313.4 ± 63.6
89-90	316.7	460.0	310.6	409.2	374.1 ± 72.9
PRODUCCION MEDIA ANUAL DE TODOS LOS SITIOS.				354.7 ± 37.5	

Tabla 6.1 Producción anual de hojarasca (g/m^2) de los sitios en Chamela, Jalisco, en cuatro años de estudio. Se muestran los promedios con su desviación estándar para cada año.

AÑOS	CONCENTRACION (%)	
	N	P
86-87	2.02 ± 0.15	0.10 ± 0.02
87-88	2.08 ± 0.18	0.13 ± 0.02
88-89	2.14 ± 0.09	0.12 ± 0.02
89-90	2.25 ± 0.11	0.12 ± 0.02

Tabla 6.2 Concentración promedio anual de N y P en la hojarasca durante cuatro ciclos anuales. Los valores representan el promedio anual de todos los sitios y su desviación estándar.

SITIOS	CONCENTRACION (%)	
	N	P
1	2.20 ± 0.09	0.10 ± 0.01
3	2.01 ± 0.10	0.14 ± 0.01
4	2.25 ± 0.14	0.12 ± 0.02
5	2.05 ± 0.15	0.12 ± 0.01

TABLA 6.3 Concentración de N y P en los sitios. Los valores representan el promedio de los cuatro años para cada sitio y su desviación estándar.

Cuando se examinó la variación de la concentración de N entre sitios para cada año, se observaron diferencias significativas entre ellos sólo en dos de los cuatro ciclos anuales (**Fig. 6.1A**). El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los sitios para los años 86-87 y 87-88, pero las diferencias no fueron consistentes de un año a otro. En contraste, la concentración de P mostró mayor variación entre los sitios con patrones anuales similares (**Fig. 6.1B**). Se registraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los sitios durante los cuatro años de estudio. El sitio 3 mostró consistentemente las concentraciones más altas y el sitio 1 las más bajas.

El contenido promedio anual de N y P de la hojarasca se presenta en la **Tabla 6.4**. Estos valores corresponden al promedio de todos los sitios para cada año. La variación anual en los flujos de N y P reflejó claramente el patrón de producción de hojarasca ya que al igual que la biomasa, los años 1987-88 y 1989-90 presentaron los flujos mayores. Comparativamente, el flujo de P fue más variable con los años que el de N. Por ejemplo, el año que presentó el flujo menor de P (86-87) representó el 70% del flujo mayor (87-88); mientras que en el caso del N, el año 88-89 representó el 79% del flujo de 89-90. El cociente N:P fue relativamente constante en los cuatro años de estudio.

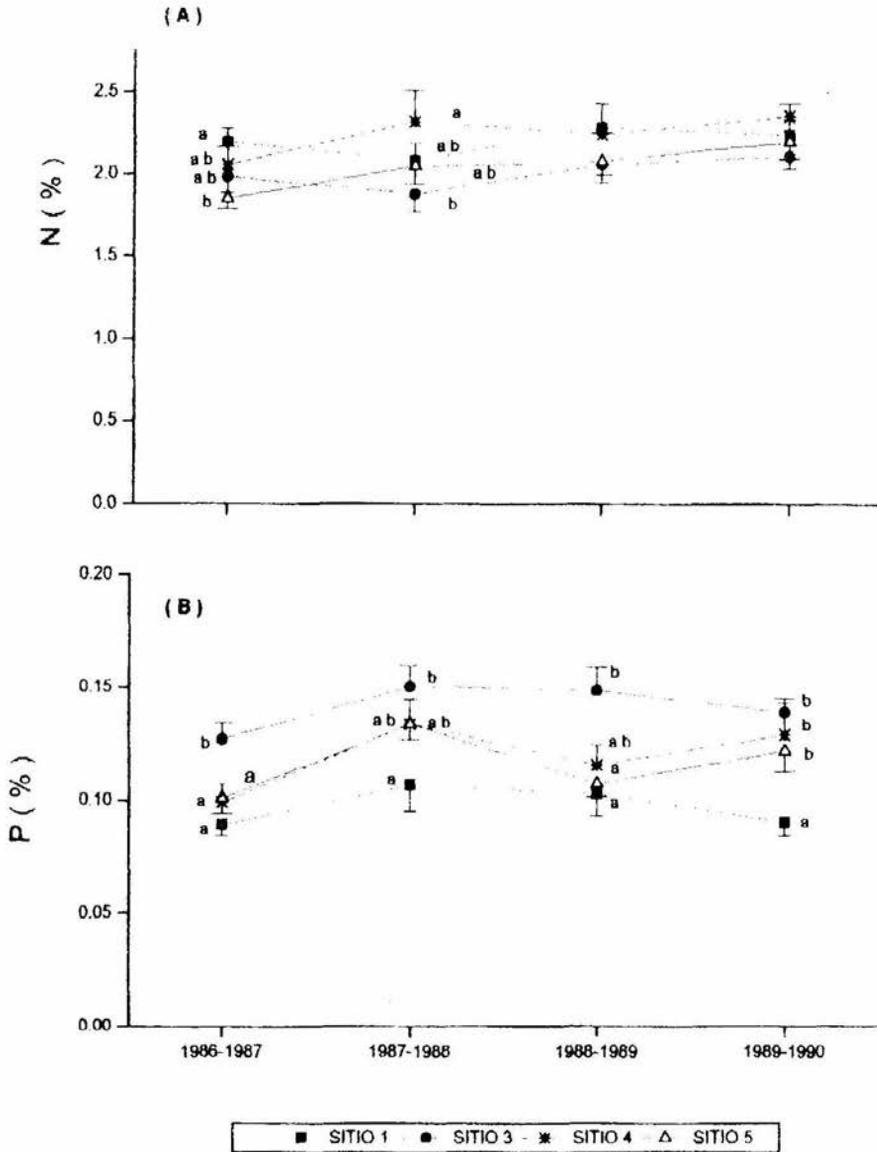


Fig. 6.1 Concentración (%) promedio anual de nitrógeno **(A)** y de fósforo **(B)** en la hojarasca en cuatro años de estudio (1986-1990) en la Estación de Biología Chamela. Los valores representan el promedio de 18 datos por sitio por año y su error estándar. Note el cambio de escala en **(A)** y **(B)**. La misma letra indica que los valores promedio no difieren estadísticamente ($P > 0.05$) dentro de cada ciclo anual.

La comparación entre los sitios mostró que los sitios 3 y 5 tuvieron los flujos mayores de N y P, mientras que el sitio 1 tuvo el menor flujo de ambos nutrientes (**Tabla 6.5**). La variación entre los sitios fue mayor que la variación anual y aún más en el caso del P. Esto se reflejó en los valores contrastantes del cociente N:P.

El flujo de N (g/m^2) mostró variaciones más marcadas que la concentración, tanto entre años como entre sitios (**Fig. 6.2A**). El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre algunos sitios en los diferentes años. Sin embargo, la única diferencia consistente se presentó entre los sitios 1 y 3. En el ciclo 1989-90, el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis mostró un efecto de sitio no significativo ($P = 0.08$).

El flujo de P mostró mayor variación que el de N entre los sitios en todos los años (**Fig. 6.2B**). El sitio 3 presentó consistentemente los valores más altos y el sitio 1 los más bajos, lo que concuerda con los resultados obtenidos para el flujo de N. El sitio 1 no presentó variación anual mientras que otros como el sitio 5 sí.

AÑOS	CONTENIDO (g/m ²)		N:P
	N	P	
86-87	6.44 ± 1.08	0.338 ± 0.126	19
87-88	7.60 ± 1.14	0.489 ± 0.211	16
88-89	6.33 ± 1.11	0.347 ± 0.150	18
89-90	8.03 ± 1.25	0.432 ± 0.168	19

TABLA 6.4 Aporte de N Y P (g/m²) al suelo por la hojarasca y cocientes N:P (contenido de N:contenido de P) en el periodo 1986-1990. Los valores representan el promedio anual de todos los sitios y su desviación estándar.

SITIOS	CONTENIDO (g/m ²)		BIOMASA (g/m ²)	N:P
	N	P		
1	5.90 ± 0.70	0.239 ± 0.021	283.73 ± 34.14	25
3	8.25 ± 0.80	0.605 ± 0.098	432.65 ± 39.15	14
4	6.43 ± 0.93	0.341 ± 0.049	305.50 ± 34.66	19
5	7.82 ± 1.07	0.446 ± 0.120	397.05 ± 46.92	18

TABLA 6.5 Aporte de N y P al suelo por la hojarasca y cocientes N:P en los sitios. Los valores representan el promedio por sitio para todos los años y la desviación estándar. Se muestran los promedios de producción de hojarasca por sitio para todo el periodo de estudio.

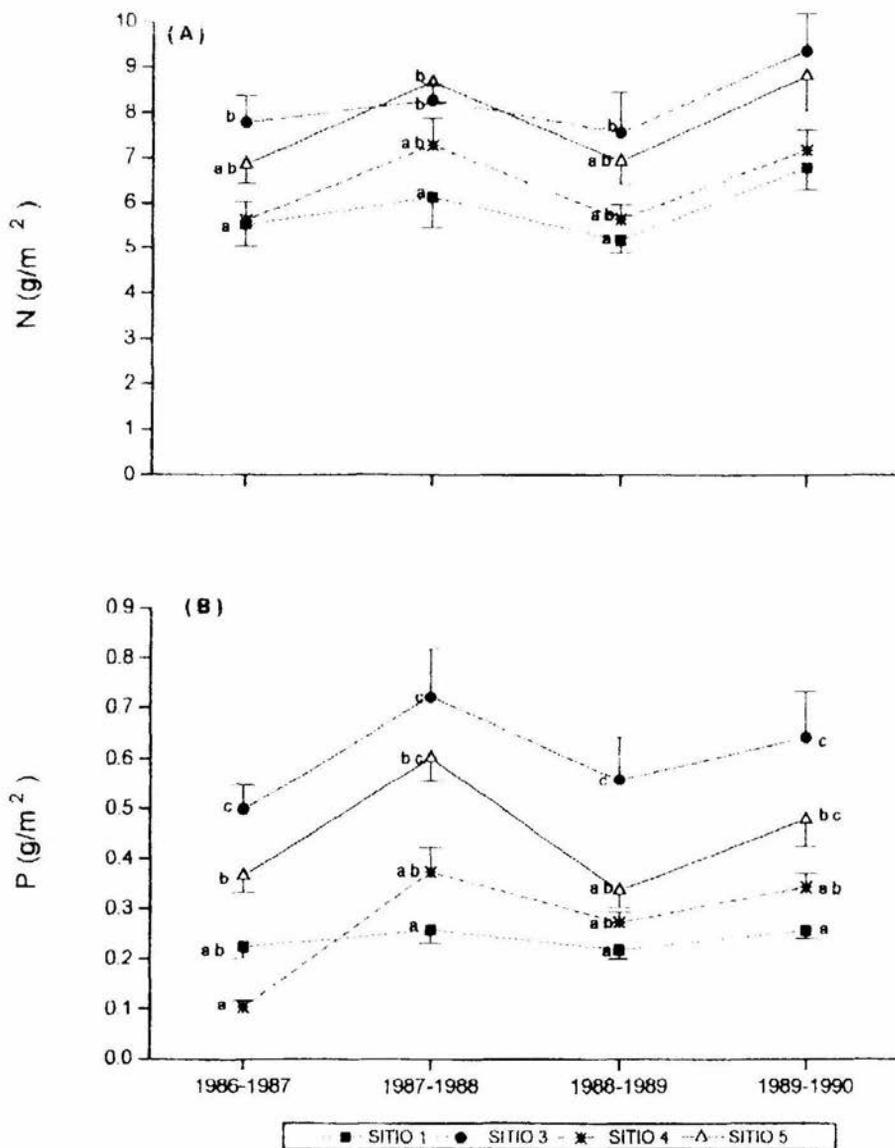


Fig. 6.2 Variación anual del contenido (g/m²) de nitrógeno (A) y de fósforo (B) en la hojarasca para cada uno de los sitios durante los años de estudio. Los valores representan la media de 18 datos por sitio por año y su error estándar. Note el cambio de escala en (A) y (B). La misma letra indica que los valores promedio no difieren estadísticamente ($P > 0.05$) dentro de cada ciclo anual.

6.3 VARIACION ESTACIONAL EN LA CONCENTRACION Y CONTENIDO DE N Y P EN LA HOJARASCA.

La concentración de N en la hojarasca fue mayor en el período de lluvias (Jul-Oct) en todos los sitios (**Fig. 6.3A**). Esta disminuyó al inicio de la época seca y se presentó cierta variación en el período Mar-Jun, el más seco de los tres. La concentración de P presentó variación estacional más dependiente de los sitios y las diferencias entre ellos fueron más pronunciadas (**Fig. 6.3B**). En los períodos de Jul-Oct y Nov-Feb, el sitio 3 mostró las concentraciones de P más altas (0.157% y 0.133%) respectivamente y el 1 las más bajas (0.120% y 0.068%).

En tres de los cuatro sitios los flujos máximos de N y P en la hojarasca se presentaron entre noviembre y febrero (**Fig.6.4A,B**), período que coincide con el de mayor producción de hojarasca. El sitio 3 en contraste, mostró un aumento constante de los flujos de tal forma que sus máximos se presentaron en el período marzo-junio ($N= 3.369 \text{ g/m}^2$ y $P=0.271\text{g/m}^2$). Las diferencias entre los sitios fueron más notorias en los dos períodos secos (Nov-Feb/Mar-Jun) que en la época de lluvias. Al igual que los flujos anuales, el flujo estacional de P fue más variable entre los sitios que el de N (**Fig. 6.4B**). De forma consistente el sitio 1 tuvo los valores más bajos, mientras que el sitio 5 tuvo en general valores altos de ambos flujos.

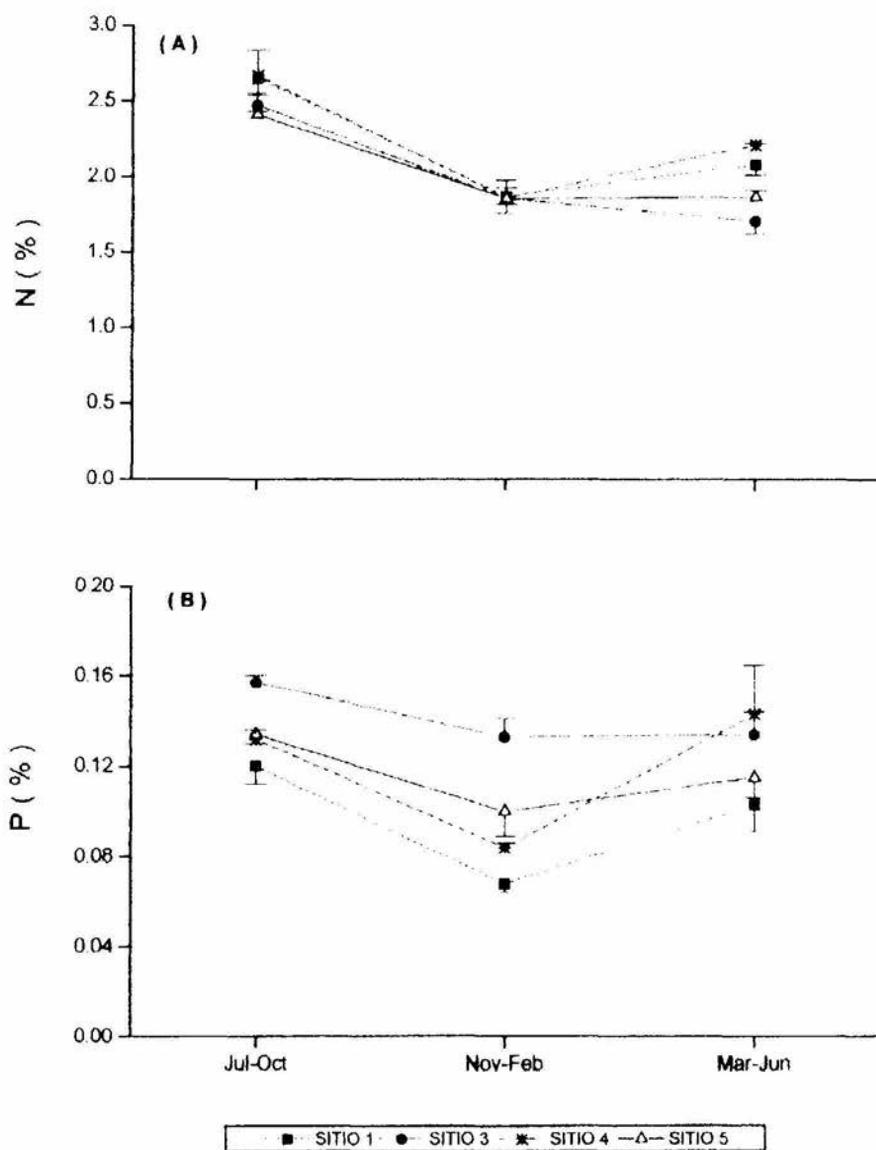


Fig. 6.3 Variación estacional de la concentración (%) de nitrógeno (A) y de fósforo (B) en la hojarasca para los sitios de estudio. Los valores representan el promedio de cada periodo en los cuatro años de estudio y su error estándar.

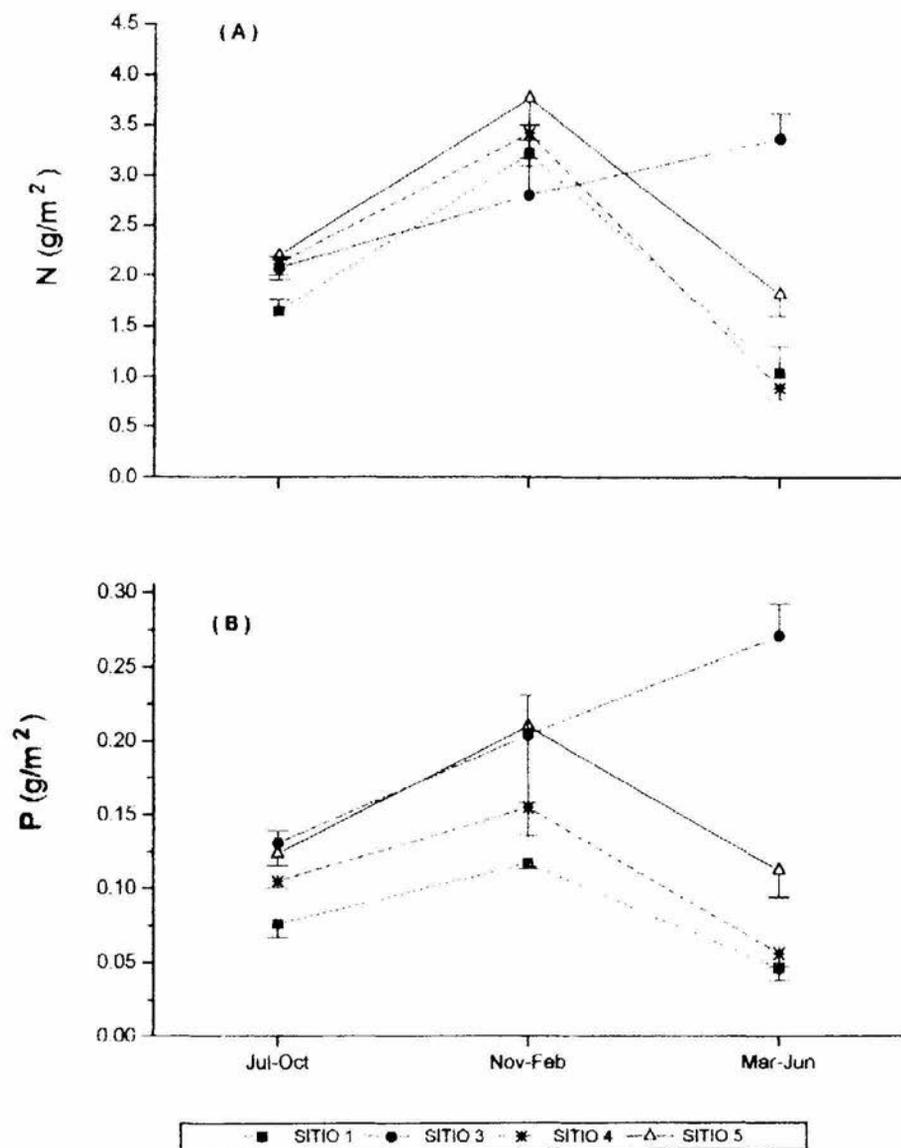


Fig. 6.4 Variación estacional del contenido total (g/m^2) de nitrógeno (A) y de fósforo (B) en la hojarasca para cada uno de los sitios de estudio. Los valores representan el promedio de cada periodo en los cuatro años de estudio y su error estándar.

6.4 EFICIENCIA DE USO DE NITROGENO Y FOSFORO

La eficiencia de uso del nutrimento, estimado como la proporción masa seca:masa del nutrimento, se presenta en la **Tabla 6.6** para los cuatro años de estudio. Podemos observar que los valores de Eficiencia de Uso del Nitrógeno (EUN) fueron mucho más bajos que los valores de Eficiencia de Uso del Fósforo (EUP). Los valores de EUN fueron menos variables tanto entre años como entre sitios, que los valores de EUP. El sitio 1 presentó la EUP más alta y el 3 la más baja (**Tabla 6.7**).

AÑOS	N	P
1986-1987	52	991
1987-1988	52	816
1988-1989	50	903
1989-1990	47	866

TABLA 6.6 Eficiencia de uso del nitrógeno (N) y fósforo (P) (masa seca de la hojarasca:masa del nutriente). Los valores representan el promedio de todos los sitios para cada año.

SITIOS	N	P
1	48	1187
3	52	715
4	48	896
5	51	890

TABLA 6.7 Eficiencia de uso del nitrógeno (N) y fósforo (P) (masa seca de la hojarasca:masa del nutriente). Los valores representan el promedio por sitio para todos los años.

7. DISCUSION

7.1 PRODUCCION DE HOJARASCA

La producción de hojarasca se ha usado como un índice de producción primaria en las comunidades naturales a diferentes latitudes, y es un mecanismo importante en la transferencia de materia de la vegetación al suelo (Martínez-Yrizar 1980). La producción promedio de hojarasca en los trópicos secos es de $6.6 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (Esteban 1986).

Una gran cantidad de trabajos se han publicado sobre la producción de hojarasca a nivel del ecosistema y Martínez-Yrizar (1995) revisó la información publicada sobre selvas bajas caducifolias. Los valores de producción promedio anual de hojarasca en los cuatro años de estudio se encuentran dentro de la variación reportada para los bosques tropicales deciduos (ver además Murphy and Lugo 1986), en particular para Chamela.

En este estudio se observó un patrón estacional definido, similar a lo reportado por Martínez-Yrizar and Sarukhán (1990). Asimismo, Martínez-Yrizar (1995), indica que hay una correlación entre la producción de hojarasca y la precipitación, es decir, que la

producción de hojarasca está limitada por la disponibilidad del agua. Ella demuestra con una ecuación lineal que el 60% de la variación en la producción de hojarasca está explicada en función de la precipitación; mientras que el 40% restante se debe a otros factores. Utilizando su ecuación y la precipitación promedio de los cuatro años de este estudio, el valor predicho sobreestima en 19% el valor registrado como promedio de los cuatro períodos. Un examen de los valores de precipitación y producción de hojarasca de cada año revela que la máxima producción no coincide con el año de mayor precipitación. Esto sugiere que otros factores como la distribución de la precipitación pueden ser determinantes de la producción.

7.2 CONCENTRACION Y CONTENIDO DE NITROGENO Y FOSFORO (N,P)

En los ecosistemas tropicales la incorporación de nutrimentos al suelo depende principalmente de la concentración y contenido de minerales que provienen de la hojarasca y de la tasa de descomposición del mantillo (Aber and Melillo 1991).

En algunos casos la concentración de los nutrimentos en las plantas refleja la fertilidad del sitio; sin embargo, las variaciones de crecimiento de las especies pueden provocar que la concentración de nutrimentos en las plantas sea menos sensible a la disponibilidad de los mismos en el suelo (Jaramillo and Sanford 1995). La concentración

promedio de N y P en la hojarasca de los sitios estudiados a través de los ciclos anuales son similares a los valores reportados por otros autores (Jaramillo and Sanford 1995). Dichas concentraciones (N= 2.25% y P= 0.13%) son similares a las reportadas por Esteban (1986) (2.26% y 0.11%), y en particular la concentración de N es más alta que las reportadas para los bosques tropicales húmedos por Vitousek (1984). Este último reporta variaciones entre 0.5-1.9% (N) y 0.01-0.15% (P). También Jaramillo and Sanford (1995) reportan que las especies deciduas tienen las concentraciones más altas de N y P en la hojarasca que las especies perennifolias.

La concentración alta de N podría deberse a la presencia de leguminosas. Estas especies, debido a sus formas de vida y a su considerable diversidad en Chamela, ocupan un gran número de hábitats, siendo en ocasiones especies dominantes o codominantes, dentro de las más importantes tenemos por ejemplo: *Acacia angustissima*, *Bauhinia unguolata*, *Caesalpinia eriostachys*, *Lochocarpus constrictus* y *Pithecellobium mangense* (Pérez-Jiménez, datos no publicados). Además, aproximadamente el 78% de las especies de leguminosas del bosque de Chamela son potencialmente fijadoras de nitrógeno (Jaramillo, datos no publicados). También, Vitousek (1984) indica que las leguminosas fijadoras de nitrógeno en las selvas tropicales húmedas son las responsables de la cantidad alta de nitrógeno disponible para las plantas en dichos ecosistemas.

No existió una variación marcada en las concentraciones de N y P de la hojarasca a través de los cuatro ciclos anuales, pues casi todos los sitios en todos los años presentaron valores muy similares. Dicha constancia se manifestó a pesar de la variación en la precipitación de los cuatro años. Sin embargo, los flujos de N y P si mostraron mayor variación anual como reflejo de los cambios en la producción de hojarasca

La localización de los sitios explica en parte la variación del flujo de N y P entre ellos debido a que las condiciones ambientales varían altitudinalmente y también a lo largo de la formación orográfica, lo que se traduce en dicha variación. Así por ejemplo los sitios localizados en el pie del monte son más ricos en nutrientes que los localizados en las partes más altas. Finalmente, la exposición también explica parte de la variación en el flujo de N y P reflejando una mayor cantidad en las laderas orientadas hacia el norte.

El flujo promedio anual de nitrógeno (7.1 g/m^2) fue mayor que los registrados en otros bosques tropicales secos en Puerto Rico (4.8 g/m^2 ; Lugo and Murphy 1986) y en Campeche (4.0 g/m^2 ; Tun, datos no publicados). Asimismo, el flujo promedio anual de P (0.401 g/m^2) fue más alto que el registrado en Puerto Rico (0.08 g/m^2 , Lugo and Murphy 1986), y similar a lo reportado para Chamela (0.3 g/m^2 , Esteban 1986) y en el Amazonas (0.39 g/m^2 , Dantas and Phillipson 1989).

Los resultados de la variación estacional mostraron que las mayores concentraciones de N y P se presentaron en la época de lluvias (Jul-Oct). Esto puede deberse a que las tormentas desprenden hojas antes de la senescencia y antes de que las plantas reabsorban los nutrimentos. Por ello, la hojarasca registra valores de concentraciones altos. Por otra parte, la variación que se presentó entre sitios en la época seca (Mar-Jun) podría ser consecuencia de la presencia de diferentes especies entre los sitios; con diferentes fenologías y, por lo tanto, con diferencias en la reabsorción de nutrimentos. Es importante notar que el sitio 3, dominado por *Celaenodendron mexicanum* (Pérez-Jiménez, datos no publicados), tiene concentraciones altas de P en la hojarasca. Sería de interés estudiar el patrón de uso de nutrimentos de esta especie para determinar la razón de dicho patrón.

En general, el periodo posterior a las lluvias (Nov-Feb) fue el que presentó los flujos máximos de N y P, debido a que en este periodo existe la mayor producción de hojarasca (Martínez-Yrizar and Sarukhán 1990). Esteban (1986), también reporta que el mayor aporte de nitrógeno por parte de la fracción foliar de la hojarasca ocurre entre noviembre y febrero, mientras que el aporte de fósforo ocurre entre febrero y abril.

Sin embargo, el sitio 3 presentó sus flujos máximos en el periodo Mar-Jun para ambos nutrimentos. Este comportamiento podría estar relacionado con la presencia y dominancia de *Celaenodendron mexicanum* que aparentemente tiene una fenología contrastante con el resto de las especies de la selva (Martijena 1993).

Las proporciones de N:P de la hojarasca en Chamela corresponden a los suelos moderadamente fértiles de los trópicos húmedos. Dichas proporciones se encuentran dentro del rango registrado para los bosques tropicales deciduos citados por Jaramillo and Sanford (1995). Los datos muestran que no existe variación a través de los años ni tampoco entre los sitios, es decir, la relación de N:P es muy contrastante en la selva baja de Chamela.

7.4 EFICIENCIA DE USO DEL NITROGENO Y DEL FOSFORO

La eficiencia de uso del nutrimento es definida como la cantidad de materia orgánica producida por unidad de nutrimento capturado, y la proporción de masa seca: masa del nutrimento es usado como un índice de esa eficiencia (Vitousek 1984). Comúnmente las plantas de hábitats pobres en nutrimentos son capaces de producir más materia orgánica por unidad de nutrimento capturado y por lo tanto son más eficientes que aquellas de hábitats ricos en nutrimentos (Vitousek 1982).

La eficiencia de uso del N en este estudio no mostró variación entre años ni entre los sitios. Sin embargo, existió más variación en la eficiencia de uso del P entre los sitios. Esto es consistente con el hecho respecto a los flujos y concentración de P en las que la variación entre sitios fue más marcada con respecto al P que al N. La EUP tuvo valores similares a los reportados por Jaramillo and Sanford (1995) para Chamela pero con datos de otros años. Asimismo son menores que el reportado por Lugo and Murphy (1986) para un bosque subtropical seco de Puerto Rico (6056). Los datos del presente estudio con respecto a la eficiencia de uso de N y P apoyarían la hipótesis de que la selva baja de Chamela no está limitada por la disponibilidad de dichos nutrimentos (Jaramillo and Sanford 1995). Sin embargo, la gran diferencia en la eficiencia de uso de N (50) y P (894) en Chamela sugiere que el P puede jugar un papel importante en la productividad primaria. De hecho, hay evidencia de que las especies en el campo presentan infección por micorrizas arbusculares que podrían facilitar el acceso a los

bancos de P disponible en el suelo (Gavito, **et al.** enviado). La baja EUN es consistente con que el ecosistema tiene alta disponibilidad del mismo posiblemente por la abundancia de especies potencialmente fijadoras de N.

8. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados en esta tesis y con base en los resultados obtenidos se tienen las siguientes conclusiones:

- La concentración de N y P de la hojarasca se encuentra entre las más altas registradas para los bosques tropicales.
- Las variaciones en la concentración de N y P en la hojarasca fueron más pronunciadas estacionalmente que anualmente.
- La variación anual y estacional en los flujos de N y P reflejó el patrón de producción de hojarasca, por lo que la mayor contribución de N y P se registró en el período de sequía (Nov-Feb).
- La concentración y el flujo de N y P presentaron variaciones significativas entre los sitios, aunque éstas fueron más notorias en el caso del P.
- La eficiencia de uso de P fue mucho mayor que la de N, pero la información sugiere que la selva de Chamela no está limitada por estos nutrimentos.

9. BIBLIOGRAFIA

- Aber, J.D. and J.M. Melillo. 1991. Terrestrial ecosystems. Ed. Saunders College Publishing, U.S.A.
- Arnon, D.I. and P.R. Strout. 1939. The Essentiality of certain elements in minute quantity for plants in special reference to copper. *Plant Physiology* **14**: 371-375.
- Breemen, N.V. 1995. Nutrient cycling strategies. *Plant and soil* **168-169**:321-326.
- Binkley, D. 1992. Nutrición forestal: Prácticas de manejo. Edit. Limusa.
- Bormann, F.H. and G.E. Likens. 1967. Nutrient cycling. *Science* **155**: 424-429.
- Bullock, S.H. 1988. Rasgos del ambiente físico y biológico de Chamela, Jalisco, México. *Folia Entomológica Mexicana* **77**: 5-17.
- Bullock, S.H. 1986. Climate of Chamela, Jalisco and trends in South Coastal Region of México. *Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology* **36**:297-316.
- Campo, A.J. 1995. Ciclo del fósforo en un ecosistema tropical estacional. Tesis de Doctorado, Centro de Ecología, UNAM.México.
- Cervantes, L., J.M. Maass y R. Domínguez. 1988. Relación lluvia-escurrimiento en un sistema pequeño de cuencas de selva baja caducifolia. *Ingeniería Hidráulica en México. Segunda época, Vol.III(2)*:38-43.
- Dantas, M. and J. Phillipson. 1989. Litterfall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian 'terra firme' rain forest. *Journal of Tropical Ecology* **5**:27-36.

- De Ita-Martínez, C. 1983. Patrones de producción agrícola en un ecosistema tropical estacional en la costa de Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Esteban, J.R. 1986. Contenido mineral de la hojarasca en una selva baja caducifolia en la costa de Jalisco, México. Tesis de licenciatura. ENEP Zaragoza, UNAM.
- García-Oliva, F., E. Ezcurra and L. Galicia. 1991. Pattern of rainfall distribution in the Central Pacific Coast of Mexico. *Geografiska Annaler* **73-A** :179-186.
- García-Oliva, F. 1992. Erosión y pérdida de nutrientes del suelo en una cronosecuencia de uso agropecuario en un ecosistema tropical estacional mexicano. Tesis de Doctorado, Centro de Ecología, UNAM.
- García-Oliva, F., J.M. Maass and L. Galicia. 1995. Rainstorm analysis and rainfall erosivity of a seasonal tropical region with a strong cyclonic influence on the pacific coast of México. *Journal of Applied Meteorology* **34**:2491-2498.
- Golley, F.B. 1983. Nutrient cycling and nutrient conservation. In *Tropical rain forest ecosystems: structure and function*. Ecosystems of the world. Elsevier scientific publishing company. Amsterdam-Oxford-New York.
- Gosz, J.R., R.T. Holmes, G.E. Likens and F.H. Bormann. 1978. El flujo de energía en un ecosistema de bosque. *Scientific American* **20**:46-58.
- Greeland, D.J. and J.M.L. Kowal. 1960. Nutrient content of the mont tropical forest of Ghana. *Plant and Soil*. **2**:154-174.
- Greg, O.H. 1988. *Soils, vegetation, ecosystems: Conceptual frameworks in geography*. Oliver & Boyd. London.
- Jaramillo, V.J. and R.L. Sanford. 1995. Nutrient cycling in tropical deciduous forest. pp. 346-361. In *Seasonally dry tropical forest*, ed. S.H. Bullock; H.A. Mooney and E. Medina. Cambridge University Press.

- Kimmins, J.P. 1987. *Forest Ecology*. Ed. Macmillan Publishing Company, New York.
- Lott, E.J. 1985. Listado Florístico de México. III. La Estación de Biología Chamela, Jalisco. Instituto de Biología, UNAM. México.
- Lott, E.J. 1987. Floristic diversity and structure of upland and Arroyo Forest of Coastal Jalisco. *Biotropica* **19**:228-235.
- Lott, E.J. 1993. Annotated checklist of the vascular flora of the Chamela Bay Región, Jalisco, México. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences* **148**:1-60.
- Lugo, A.E. and P.G. Murphy. 1986. Nutrient Dynamics of a Puerto Rican subtropical dry forest. *Journal of Tropical Ecology* **2**:55-72.
- Martijena, A.N. 1993. Establecimiento y sobrevivencia de plántulas de especies arbóreas en un bosque tropical deciduo de baja diversidad, dominado por una sola especie. Tesis Doctoral. Centro de Ecología, UNAM, México.
- 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.
- Martínez-Yrizar, A. and J. Sarukhán. 1990. Litterfall patterns in a tropical deciduous forest in México over a five year period. *Journal of Tropical Ecology* **6**:433-444.
- Martínez-Yrizar, A. and J. Sarukhán. 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.

- Martínez-Yrizar, A., J.M. Maass, L.A. Pérez-Jiménez and J. Sarukhán. 1996. Net primary productivity of a tropical deciduous forest ecosystem in western Mexico. *Journal of Tropical Ecology* **12**:169-175.
- Martínez-Yrizar, A. 1995. Biomass distribution and primary productivity of tropical dry forest. pp. 326-345. In *Seasonally dry tropical forest*, ed. S. H. Bullock; H.A. Mooney and E. Medina. Cambridge University Press.
- Maass, M., V.J. Jaramillo, A. Martínez-Yrizar, F. García-Oliva y J. Sarukhán. 1994. The Chamela watershed project. Centro de Ecología, UNAM, México, D.F.
- Murphy, G.P. and E.A. Lugo. 1986. Ecology of tropical dry forest. *Annual Review Ecology and Systematics* **17**:67-88.
- Murphy, G.P. and E.A. Lugo. 1986. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico. *Biotropica* **18**: 89-96.
- Patño, A.M. 1990. Variación espacial y temporal de la capa de mantillo (hojarasca) en una selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Pearcy, R.W., J.R. Ehleringer, H.A. Mooney and P.W. Rundel. 1989. Plant physiological ecology: Field methods and instrumentation. Chapman and Hall. London, New York.
- Ramachandra, S.H. and J. Proctor. 1994. Litterfall and nutrient cycling in four rain forest in the Sringeri area of the Indian Western Ghats. *Global Ecology and Biogeography Letters* **4**:155-165.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México.
- Solís, V.E. 1993. Características físico-químicas de un suelo en un ecosistema tropical caducifolio de Chamela, Jalisco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Steel, D.R. and J.H. Torrie. 1985. Bioestadística. Principios y procedimientos. Editorial McGraw - Hill. Segunda edición. México, D.F.

Technicon Industrial System. 1977. Technicon Industrial Method No. 329-74 W/B. Individual/simultaneous determinations of nitrogen and/or phosphorus in BD acid digest. Technicon Industrial System, Tarrytown, N.Y.

Vitousek, P.M. 1982. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *American Naturalist* **119**:553-572.

Vitousek, P.M. 1984. Litterfall nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology* **65**:285-298.

Vitousek, P.M. and R.L. Jr, Sanford. 1986. Nutrient cycling in moist tropical forest. *Annual Review Ecology and Systematics* **17**:137-167.

Vizcaíno, C.M. 1983. Patrones temporales y espaciales de producción de hojarasca en una selva baja caducifolia en la costa de Jalisco, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México.