UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE BIOLOGIA

EFECTOS DE LA SALINIDAD EN LAS CONCENTRACIONES FOLIARES DE CENIZAS, FOSFORO Y NITROGENO EN *AVICENNIA GERMINANS* (L.) L.

PRACTICA DIRIGIDA

ANTERO RAFAEL MUÑOZ MENDEZ

1986

EFECTOS DE LA SALINIDAD EN LAS CONCENTRACIONES FOLIARES

DE CENIZAS, FOSFORO Y NITROGENO EN

AVICENNIA GERMINANS (L.) L.

PRACTICA DIRIGIDA

Práctica Dirigida presentada a la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias de la Universidad de Costa Rica para optar al Grado de Licenciatura en Biología con especialidad en Botánica

Ricardo Soto S., M. Sc. — Director de la práctica.

José Miguel Jiménez S, Ph. D. — Miembro del tribunal.

Rodolfo Ortiz V., M. Sc. — Miembro del Tribunal.

Alvaro Castaing R., M. Sc. — Miembro del Tribunal.

María Isabel Morales, M. Sc. — Miembro del Tribunal.

Antero Muñoz Méndez.

DEDICATORIA

A Sonia por su apoyo, ayuda
ayuda y amor.

A mi tía Julieta y mis
padres por su cariño
y ayuda.

AGRADECIMIENTO

Al maestro Ricardo Soto director de la práctica por su dedicación apoyo, sugerencias, revisión y conclusión de esta investigación.

Al doctor José Miguel Jiménez, por la ayuda recibida desde los primeros momentos de mi carrera.

Al M. Sc. Rodolfo Ortiz, al M. Sc. Alvaro Castaing y a la M. Sc. María Isabèl Morales por su ayuda revisión y sugerencias de esta investigación.

A los compañeros del Departamento de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica por su ayuda en el análisis de las muestras.

Al ingeniero Jaime Allen Flores, por su ayuda en el diseño y análisis estadístico.

Al bachiller Jesús Rojas, por su ayuda en las determinaciones de la salinidad.

Al personal del Departamento de suelos de la Universidad de Costa Rica por la ayuda prestada en las determinaciones de la salinidad del suelo.

A Olman Trigueros y Lizeth Díaz, por su ayuda en la realización de los trabajos gráficos.

Y a toda aquella persona que contribuyó en alguna manera para la realización de esta investigación.

INDICE DE CONTENIDO

	pag.
Introducción	2
Revisión de Literatura	5
Materiales y Métodos	13
Resultados y Discusión	19
Caracterizaciones químicas del suelo	19
Análisis de Cenizas, Fósforo y Nitrógeno en las hojas	20
Cenizas	20
Fósforo	21
Nitrógeno	23
Conclusiones	25
Recomendaciones	26
Anexo 1: Cuadros	27
Anexo 2: Figuras	33
Resumen	52
Bibliografía	53

INTRODUCCION

Los manglares son un conjunto taxonómicamente heterogéneo de árboles y arbustos halófitos, que crecen a lo largo de las costas tropicales y subtropicales (Connor, 1969; Downton , 1982). Se han descrito como bosques costeros, bosques entre mareas y bosques de manglar (IUCN, 1983).

Las especies que son conocidas como manglares, son derivadas de una variedad de familias de plantas que varían en su dependencia del habitat de litoral. Donde las condiciones son óptimas, el manglar puede formar grandes bosques productivos que constituyen un recurso económico (Downton, 1982 ; IUCN, 1983). Sin embargo en años recientes la intensidad y variedad de las influencias humanas se han incrementado hasta el punto de que una gran proporción de los manglares del mundo se encuentran en peligro de ser destruidos y existe evidencia de una reducción en la cobertura de bosques de manglares en las diversas costas tropicales del globo (Pannier, 1975 ; IUCN, 1983). Al respecto la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales señala que las principales causas de la destrucción de los manglares son:

1- La sobreexplotación para usos tradicionales como por ejemplo: la tala para hacer leña, carbón o postes; y

2- La acción destructiva resultado de las actividades generalmente no relacionadas con los usos sostenidos del manglar. Dentro de estos se pueden citar: la minería, los desvíos de agua dulce y el depósito de líquidos residuales.

En Costa Rica el desarrollo agroindustrial y tecnológivo de la costa de la provincia de Puntarenas ha afectado intensamente sus ecosistemas costeros. Un ejemplo reciente es el de estanques para cultivo de camarones peneidos construídos en áreas de manglar por embalsamiento de parcelas de tierra. Generalmente el uso de suelos orgánicos aumenta el costo y decrece la eficiencia de las operaciones en estas actividades , lo que resulta en la destrucción del ecosistema de manglar por una actividad que luego tendrá que ser abandonada por la poca ganancia obtenida (IUCN, 1983).

El ecosistema de manglar del país merece ser estudiado para conocer detalladamente su extensión geográfica, las condiciones ecológicas y la fisiología de los organismos asociados para aplicar eventuales medidas de protección y recuperación. En Costa Rica se han realizado una serie de estudios ecológicos que aportan conocimientos sobre el estado actual de los manglares costarricenses, entre otros el de Soto y Jiménez (1982). Sin embargo hasta el momento no se ha reportado ninguna investigación realizada en nuestro país, referida a posibles correlaciones existentes entre algunos constituyentes

foliares de especies de mangles y del suelo de manglar.

Con base en lo anterior, el objetivo de la presente investigación es el determinar las variaciones en los porcentajes de cenizas, fósforo y nitrógeno en las hojas de los árboles de Avicennia germinans (L.)L. en relación con la salinidad en el suelo del manglar.

REVISION DE LITERATURA

Davis citado por Walsh (1974) describió el manglar como una asociación de plantas que viven en suelos fangosos, sueltos y húmedos, en aguas de mareas tropicales. De acuerdo con Macnae también citado por Walsh (1974) los manglares son árboles o arbustos que crecen entre la marca de agua alta en mareas vivas y un nivel cercano pero arriba del nivel medio del mar. Según Holdridge (1978) las zonas de manglares son asociaciones edáficas secas-húmedas donde el área está expuesta a inundaciones cíclicas de aguas salinas o salobres ocasionadas por las mareas. Para Pannier y Pannier (1977) el manglar representa una unidad integrada autosuficiente con componentes vegetales y animales de interés económico (cuadro 1.), altamente adaptados a las condiciones de vida especiales del ambiente como son: suelos periódicamente sumergidos por la acción de las mareas y salinidad fluctuante, así como también un clima bastante homogéneo.

De todo lo anterior es importante destacar aquí que los manglares han desarrollado diferentes mecanismos que les permiten vivir en ambientes salinos, por ejemplo el mangle gris *Avicennia marina* (Forsk.) Vir. var *resinifera* Forsk. f. Balsh. es considerado más tolerante a la salinidad que muchas otras especies de mangles, y es capaz de tolerar condiciones de

Cuadro 1. Productos del ecosistema de manglar y sus usos.

A. Productos forestales del manglar.

Combustible	Leña Carbón Alcohol
Construcción	Madera, andamios Construcción pesada (puentes) Ataduras para vías férreas Soportes de minería Construcción de botes Pilotes de embarcadero Vigas y postes Entarimado (pisos) y revestimiento Postes para cercas, estañones de agua Maderas aglomeradas, pegamentos.
Pesca	Postes de trampas para peces Madera para ahumar peces Veneno para peces Curtidor para preservación de redes Refugio atractivo para peces.
Textiles y cueros	Fibras sintéticas (rayón) Tinte para ropa Curtidor para preservar cueros.
Comidas, drogas y bebidas	Azúcar Alcohol Aceite para cocinar Vinagre Sustituto del te Bebidas fermentadas Condimentos de corteza Caramelo de propágulos Vegetales de propágulos, frutos u hojas Sustituto para cigarrillos.
Agricultura	Forraje, abono verde.
Producción de papel	Papel de varios tipos.
Otros productos	Cajas de embalaje Maderas para ahumar Láminas de caucho Medicinas de la corteza, hojas y frutos.

Continúa.....

B. Otros productos naturales.

Peces
Crustáceos
Mariscos
Miel
Cera
Aves
Mamíferos
Reptiles
Otra fauna (anfibios e insectos).
(IUCN, 1983).

fluctuaciones de salinidad e hipersalinidad (Downton, 1982). Sin embargo, Pannier (1959), Connor (1969), y Mizrachi (1980), al trabajar con Avicennia germinans (L.) L. y Rhizophora mangle L. realizaron pruebas de crecimiento a diferentes salinidades en condiciones de laboratorio y sus resultados permiten concluir que ciertos niveles de concentración salina inducen el retraso en el crecimiento. Así mismo Soto y Jiménez (1982) asocian las variaciones en el tamaño de plantas de Avicennia germinans (L.) L. con diferentes concentraciones en la salinidad del suelo.

En relación con la salinidad, se informa también que ésta afecta el tiempo de germinación, el tamaño en las plantas, ramas y hojas, además de afectar globalmente la anatomía de la planta (Polkjakoff-Mayber, 1975). Strogonov y Waisel, mencionados por Polkjakoff-Mayber (1975) en su artículo sobre los cambios morfológicos y anatómicos en las plantas como una respuesta a la tensión por salinidad, relacionan la salinidad con numerosos cambios estructurales en halófitas, tales como cambios en el número y tamaño de los estomas, aumento de el grosor de la cutícula, ocurrencia de lignificación e inhibición de la diferenciación y cambios en el número y diámetro de los vasos del xilema o en el aumento de la suculencia, lo cual ocurre en muchas glicófitas después de ser expuestas a la salinidad por largos períodos de tiempo.

Mizrachi (1980) plantea en su trabajo que las especies

establecidas en su correspondiente habitat van a depender del ámbito operacional de sus mecanismos para la resistencia salina dentro de la especie.

Pannier y Pannier (1977) sugieren la alternativa de realizar experimentación fisioecológica con las diversas especies que integran el manglar, para evaluar los efectos de los factores directamente responsables del desarrollo integral de éste en una región o una localidad geográfica determinada.

Como lo señala la literatura las halófitas también poseen mecanismos fisiológicos como por ejemplo la acumulación de solutos inorgánicos, fenómeno que actúa como un efector osmótico. Mizrachi y sus colaboradores (1980) determinaron que las especies Rhizophora mangle L. y A. nitida L. (= A. germinans (L.) L.) mostraron diferentes niveles de cloruros en las raíces y hojas en relación con la salinidad.

Experimentalmente la respuesta en invernadero de plantas de Avicennia marina (Forsk.) Vir. a diferentes concentraciones de sales inorgánicas como: KCl, $CACl_2$ y NaCl, fue estudiada por Connor (1969). Los resultados que obtuvo indican que esta especie es capaz de mostrar un crecimiento adecuado en NaCl, que se inhibe cuando crece en $CaCl_2$ y KCl bajo concentraciones similares a en las que crecieron las plantas cuando fueron mantenidas en NaCl, y que a altas concentraciones se

produce la muerte; lo que se puede deber a que el K y el Ca están a una concentración relativamente más baja que el Na en el agua de mar.

Por otra parte la literatura informa que se ha logrado la germinación y crecimiento de A. marina (Forsk.) Vir. por más de once meses en soluciones nutricionales que contenían un 10, 25, 50, 75 y 100 % de agua de mar. El desarrollo temprano de plántulas de semillero fue más rápido en ausencia de cloruro, pero pronto declinó y la producción de biomasa fue baja. El crecimiento óptimo se obtuvo en el tratamiento de 10, 25, y 50 % de agua marina (Downton, 1982).

Mizrachi y colaboradores (1980) señalan que hay poca información concerniente a los efectos de la salinidad sobre los procesos metabólicos, sin embargo indican que el establecimiento natural de las especies de mangle puede ser reflejo de las características bioquímicas de su metabolismo, lo que se puede estudiar al utilizar la medición de parámetros metabólicos como la concentración de algunos elementos en las hojas.

En relación con los compuestos nitrógenados es sabido que constituyen una parte importante del peso total de las plantas. En una planta que contiene el 1,6 % de nitrógeno aproximadamente el 10 % de su peso verde es aportado por estos

compuestos. Las formas inorgánicas del nitrógeno combinado representan generalmente una pequeña porción del total. Las plantas absorben el nitrógeno del suelo principalmente en forma de nitratos, que es la única forma inorgánica que pueden asimilar sin efectos perjudiciales (Black, 1975). Tanto desde el punto de vista del número de compuestos como de la cantidad de nitrógeno, las formas orgánicas son las que predominan. La mayoría del nitrógeno orgánico de las plantas se da en forma de proteínas que son compuestos de alto peso molecular. Después del agua, las proteínas son los constituyentes principales del protoplasma. Además de la función que cumple en las proteínas, el nitrógeno también participa en otros procesos por ejemplo como componente de la clorofila, de algunas hormonas o del ATP (Black, 1975; Devlin, 1976).

A diferencia del nitrógeno del nitrato que se reduce en la planta, el fósforo que se absorbe del suelo permanece oxidado y se da como átomo central del grupo fosfato tanto en las formas orgánicas como inorgánicas (Black, 1975). Existen muchas formas orgánicas que se pueden clasificar como compuestos de reserva y estructurales o como compuestos del metabolismo intermedio. En el primer grupo se incluye la fitina, los fosfolípidos y los ácidos nucleicos. En el metabolismo vegetal, el fósforo desempeña un papel directo como transportador de energía, donde el ATP es el más importante. También participa en la fotosíntesis (Black, 1975; Devlin, 1976).

Estas son funciones de las formas orgánicas, las inorgánicas desempeñan un papel auxiliar que constituye la fuente de los iones fosfato que forman parte de los compuestos orgánicos de los distintos ciclos metabólicos así como el que los repone a medida que son utilizados. Si la concentración de iones fosfato en forma inorgánica es demasiado baja, la velocidad de los procesos metabólicos se verá limitada por la disponibilidad de iones fosfato para los enlaces de forma orgánica. La concentración en las plantas se haya condicionada por la reserva en el suelo (Black, 1975).

MATERIALES Y METODOS

Salinas, es un distrito del cantón Central de la provincia de Puntarenas, se encuentra a una altura aproximada de 3 m sobre el nivel del mar, a una latitud de 10°12' N y una longitud de 84°60' E (Fig. 1a). La región pertenece a la zona de vida bosque seco tropical transición a húmedo (Joshi, 1969). El promedio de precipitación anual es de 168 mm (fig. 2).

La investigación se llevó a cabo en la parte posterior del estero de Mata de Limón (fig. 1b) que fue utilizada como salina hasta principios de los años 70. Después de abandonada, la salina fue colonizada por Avicennia germinans (L.) L. El sitio es inundado únicamente en las mareas altas de invierno y en época seca un 20 % del área permanece seco. La zona estudiada se ubica en un transecto de 30 m de frente por 500m de fondo.

Los árboles de A. germinans (L.) L. son todos reproductivos y presentan un claro gradiente de altura que depende de la distancia a la cual se encuentren del estero. Se usó esta observación para dividir los árboles en 5 categorías (cuadro 2) según su altura, que fue medida por medio de una regla calibrada. En cada categoría se eligieron 8 árboles al azar; para la escogencia se hizo girar una cuerda con un peso en un extremo

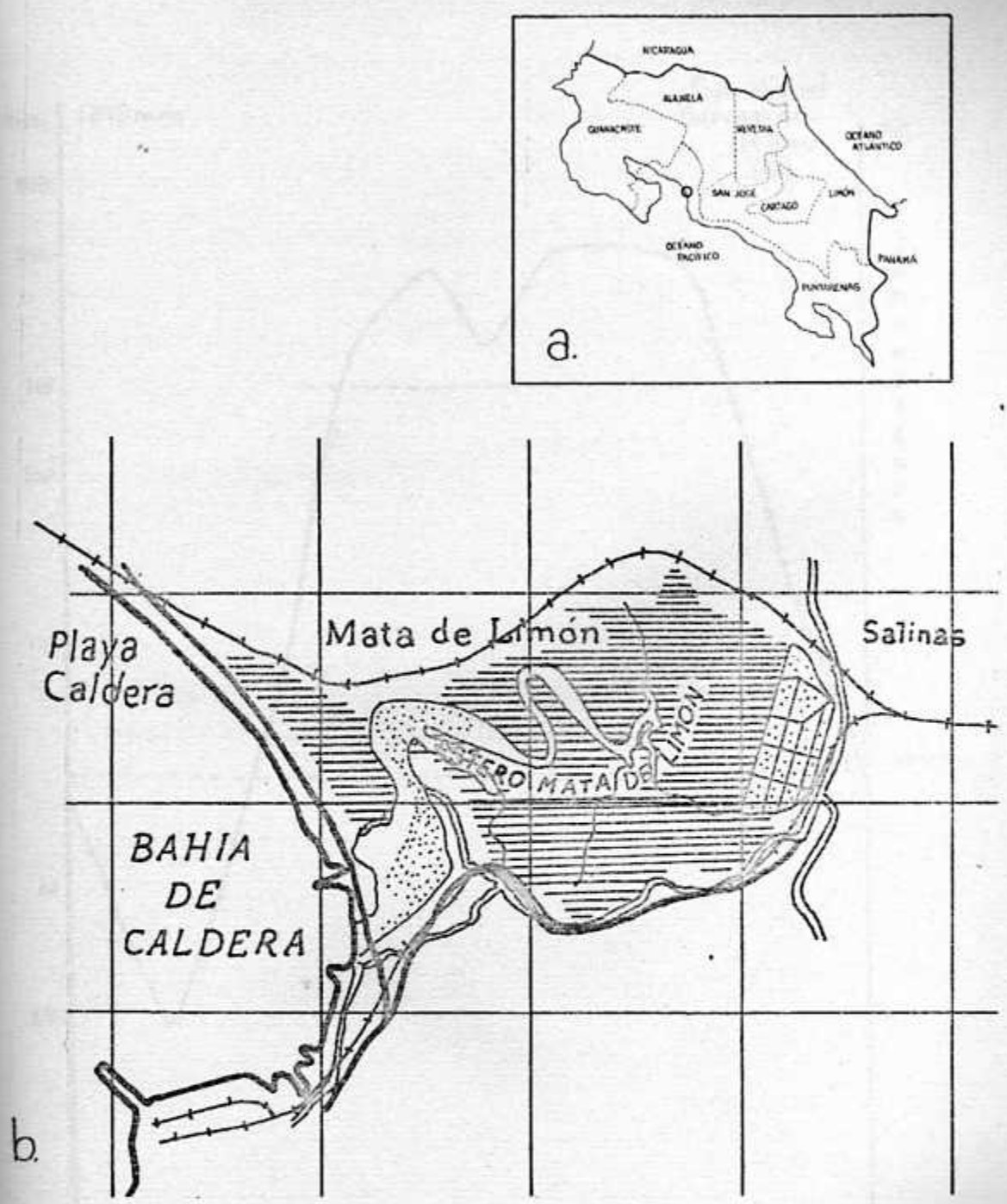

Fig. 1: a. Mapa de Costa Rica mostrando las 7 provincias y la ubicación de la localidad estudiada. b. Ubicación del manglar de Salinas.

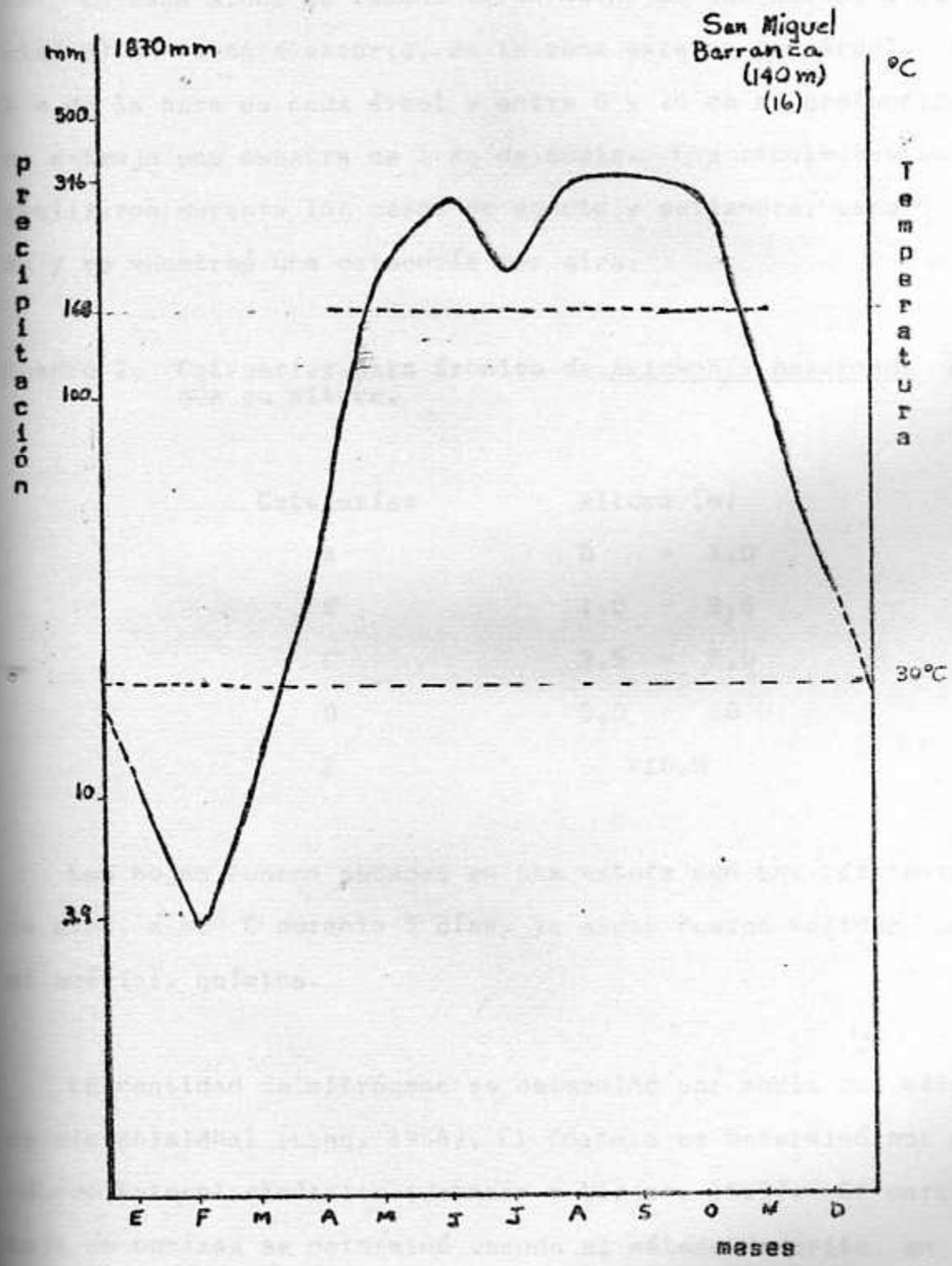

Fig. 2. Climatograma para la zona de San Miguel de Barranca.

se lanzó y se muestreó el árbol más cercano al peso de la cuerda. En cada árbol se recolectaron 40 hijas (20 nuevas y 20 viejas) en forma aleatoria, de la zona externa del árbol. A 1 m de la base de cada árbol y entre 0 y 20 cm de profundidad se extrajo una muestra de 1 Kg de suelo. Las recolectas se realizaron durante los meses de agosto y setiembre, caca 8 días y se muestreó una categoría por gira.

Cuadro 2. Categorías para árboles de Avicennia germinans según su altura.

Categorías	Altura (m)
A	0 - 1,0
B	1,0 - 2,5
C	2,5 - 5,0
D	5,0 - 10,0
E	>10,0

Las hojas fueron secadas en una estufa con una corriente de aire, a 50° C durante 3 días, ya secas fueron molidas para el análisis químico.

La cantidad de nitrógeno se determinó por medio del método de microkleldhal (Lang, 1958). El fósforo se determinó por el método fotocolorimétrico (Johnson y Ulrich, 1959). El porcentaje de cenizas se determinó usando el método descrito en el manual de Cervantes y Mojica (1980).

La salinidad del suelo se determinó por el método usado en el Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos de América (Allison et al., 1962).

Se realizó un análisis de suelo complementario, en el que se determinaron el pH y las concentraciones de Al, Ca, Mg, K y P. Este se hizo en el Laboratorio de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica y se siguieron los procedimientos por ellos establecidos.

En el análisis estadístico se examinó la variación dentro de el grupo de medias muestreales, utilizando el estadístico F. Se determinó la intensidad de la relación existente entre las variables al utilizar el análisis de correlación. La forma de la relación entre las variables se obtuvo mediante el análisis de regresión. La significación de la regresión se comprobó por medio del cálculo de "t".

Análisis de relaciones entre variables:

1- ¿Qué relación se encontró entre el porcentaje de cenizas en hojas y la salinidad del suelo ?

2- ¿Qué relación se encontró entre el porcentaje de fósforo en hojas viejas y nuevas y la salinidad del suelo ?

3- ¿Qué relación se encontró entre el porcentaje de nitrógeno en hojas viejas y nuevas y la salinidad del suelo ?

4- ¿Qué relación se encontró entre el pocentaje de fósforo en hojas viejas y nuevas y el contenido de fósforo en el suelo ?

5- ¿Qué relación se encontró entre el porcentaje de cenizas en las hojas y el pH del suelo ?

6- ¿Qué relación se encontró entre el porcentaje de nitrógeno en las hojas y el pH del suelo ?

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterizaciones químicas del suelo:

En el cuadro 3 se observa que la salinidad del suelo para las diferentes zonas presenta valores que van desde 12,44 mohms/cm en la zona de árboles de mayor tamaño (cuadro 2) hasta 52,22 mohms/cm en el sitio de los árboles más pequeños. No presenta diferencias significativas entre zonas (F= 0,16; p= 0,05)(cuadro 4). Este resultado estadístico opuesto a las observaciones obtenidas se puede deber a que la variación entre grupos cuando se compara con la variación dentro de los grupos es demasiado pequeña para descartar la hipótesis de que no existen diferencias significativas dentro de medias muestreales (Parker, 1976). Gradientes similares se han informado en Australia (Macnae, 1966); Africa (Leshem y Levison, 1972); el Caribe (Cintron *et al.*, 1978) y en Costa Rica (Soto y Jiménez, 1982). La mayoría de estos autores coinciden en que la salinidad es el factor más importante de este gradiente altitudinal de las plantas. Connor (1969) y Downton (1982) trabajaron en condiciones de laboratorio y encontraron una relación inversa entre el tamaño de las plantas de *Avicennia marina* y la salinidad del medio. Pannier (1959) obtuvo resultados similares al trabajar con *Rhizophora mangle*. Mass y Neiman (1978) sugieren que hay dos formas en que la salinidad podría retardar el

crecimiento: (1) por daños en las células de crecimiento o que no se forman y; (2) por limitación de su suplemento de metabolitos escenciales.

Otros investigadores también le dan importancia a otras características del suelo como pH (Gale, 1975) y disponibilidad de nutrientes (Smart y Barko, 1978; Okusanya, 1980). No se observaron diferencias significativas en los valores de pH en las diferentes zonas de estudio (cuadros 3 y 4).

El análisis de varianza para los contenidos de minerales en el suelo: P, Ca, K, Mg y Al (cuadro 3) indica que no se presentaron diferencias significativas entre zonas (cuadro 4). Este resultado pudo ser debido a que el número de repeticiones entre cada categoría fue muy bajo, y aumentó con ello el error al determinar la significancia dentro del grupo de medias muestreales.

Análisis de Cenizas, Fósforo y Nitrógeno en las hojas:

Cenizas:

En el cuadro 5 y la figura 3 se observa que existe un mayor porcentaje de cenizas en las hojas de las plantas de sitios con menor salinidad. Esta relación se ajusta a una regresión parabólica casi perfecta (r= 1; p= 0,05) (fig. 4). Estos resultados se podrían explicar si se toma en cuenta que

las hojas de las plantas que viven en suelos de menor salinidad tienen una proporción mayor de tejido estructural como por ejemplo nervadura primaria y secundaria más ricas en sales minerales con silicatos.

Si observamos el cuadro 5 y la figura 5 se puede ver que existe una relación inversa entre el porcentaje de cenizas y el pH. Esta relación es altamente significativa (r= 0,99 ; p= 0,05) (cuadro 7). Este resultado es semejante a lo encontrado con respecto a la salinidad, pues los pH menores se observan en los suelos de salinidades más bajas. En la literatura se ha encontrado que plantas de Spartina alterniflora que crecían a pH cercanos a 6 y salinidades bajas presentan una respuesta óptima de crecimiento (Linthurst, 1980). Si nos basamos en esta observación podríamos inferir que Avicennia germinans presenta un comportamiento similar, ya que los pH menores obtenidos se encuentran entre valores de 5 y 6; sería de esperar que en plantas con un mayor crecimiento se de un porcentaje de cenizas más alto debido a un aumento en la proporción de tejido estructural del que se va a obtener una gran cantidad de sales inorgánicas.

Fósforo:

El porcentaje de fósforo en hojas viejas muestra valores mínimos a salinidades máximas y mínimas, los valores máximos se observaron a salinidades intermedias (cuadro

5). Las hojas nuevas presentan un comportamiento un tanto diferente, posiblemente asociado con un comportamiento no esperado de la salinidad en esta zona; pero que guarda la relación de concentraciones mayores en salinidades intermedias (cuadro 5, fig. 6). De nuevo en este caso no existe correlación con la salinidad (r= 0,49, p= 0,05) (cuadro 7). Esto se podría deber a que las restricciones que establecen salinidades muy altas no se han manifestado. Esta variación temporal en el efecto de la salinidad en la planta la han comprobado ampliamente otros investigadores, por ejemplo en Rhizophora mangle se ha demostrado que las células de hojas viejas van a aumentar su tamaño y/o almacenar más agua para diluir la concentración de sal en el tejido (Pannier, 1959).

En la fig.10,11se da una tendencia a una relación inversa entre el pH y el porcentaje de fósforo en hojas viejas y nuevas, esta relación no es estadísticamente significativa (r= 0,25; p= 0,05) (r= 0,54; p= 0,05) (cuadro 6). Esto puede ser explicado debido a que el porcentaje de fósforo en las hojas se encuentre afectado por un conjunto de factores y no sólo por el pH.

La fig. 12 muestra una relación interesante entre el porcentaje de fósforo en hojas y el contenido de fósforo en el suelo. Parece que a concentraciones mayores de fósforo en el suelo el porcentaje de este elemento en las hojas es menor.

Es posible que se deba a problemas de asimilación de fósforo a salinidades muy altas. Las concentraciones más altas de fósforo en el suelo se presentan a salinidades mayores (cuadro 3 y 5). Esta tendencia obtenida es comparable con lo que Boto y Wellington (1994) encontraron en su investigación sobre las características del suelo de manglar en Australia donde el total de fósforo en el suelo decrece conforme la salinidad disminuye, sin embargo la cantidad de fósforo asimilable es mayor a salinidades altas, lo que vendría a explicar el hecho de que el porcentaje de fósforo en las hojas sea menor cuando el contenido de este elemento en el suelo es mayor.

Nitrógeno:

En el cuadro 5 se observa que el porcentaje de nitrógeno en hojas nuevas es mayor que en hojas viejas. Lo que se pudo deber a una mayor cantidad de compuestos nitrogenados tales como proteínas clorofila, hormonas o ATP en las células (Black, 1975; Devlin, 1976).

Al comparar los porcentajes de nitrógeno con respecto a la salinidad (fig. 15) se puede observar una tendencia ascendente. Esto se pudo deber a una mayor acumulación de compuestos proteicos con el fin de mantener niveles de presión osmótica iguales o mayores a los del medio (Mizrachi, 1980).

En las fig. 18,19,20 se observa que la concentración de

nitrógeno en las hojas disminuye conforme aumenta el pH. Una posible explicación es que a pH superiores a 7 los nitratos se convierten en formas de nitrógeno no asimilables por la planta.

Las pruebas de correlación entre el pH y la concentración de nitrógeno en las hojas viejas y nuevas no son significativas (cuadro 7); creemos que no hay suficientes datos para poder establecer estas relaciones en forma definitiva.

CONCLUSIONES

De esta investigación se puede concluir que:

1- La salinidad es el factor determinante en el desarrollo de *A. germinans*, relación muy evidente en el campo donde se presenta un gradiente de altura por zonas.

2- El porcentaje de cenizas en las hojas fue mayor en salinidades bajas y pH cercanos a 6.

3- El porcentaje de fósforo presentó valores máximos a salinidades intermedias.

4- El porcentaje de fósforo en las hojas presentó una relación inversa con respecto al pH.

5- Se encontró que el porcentaje de fósforo en las hojas es menor cuando se tienen altas concentraciones de este elemento en el suelo.

6- Se determinó que el porcentaje de nitrógeno en hojas nuevas es mayor que en hojas viejas.

7- Se observó una tendencia ascendente del porcentaje de nitrógeno con respecto a la salinidad y una descendente con respecto al pH.

RECOMENDACIONES

Para obtener una varianza significativa en los datos sobre factores edáficos es recomendable reducir los errores individuales y de muestreo a un mínimo, lo que se puede lograr al incrementar los tamaños de la muestra y para evitar el sesgo se puede utilizar un procedimiento que aumente la aleatoriedad del proceso. El experimento se puede disponer de forma que se distinga la variación debida al error de variación causada por los tratamientos, por ejemplo el muestreo aleatorio.

Sería conveniente realizar experimentos en codiciones controladas para llegar a comprobar la influencia de la salinidad sobre cada uno de estos factores.

Se recomienda realizar más experimentación con el fin de evaluar el grado de limitación que ejercen los diferentes factores del suelo de manglar sobre plantas que crecen en él.

ANEXO 1:

CUADROS.

Cuadro 3 . Características químicas del suelo para 8 muestras en cada categoría de Avicennia germinans en el manglar de Salinas, Puntarenas.

Zona	A	B	C	D	E
x̄ Salinidad (mohms/cm) n=8	52,20 ±4,40	46,57 ±5,14	38,29 ±19,94	55,98 ±21,44	12,44 ±0,62
x̄ pH n=8	7,37 ±0,38	7,74 ±0,12	6.61 ±0,53	5,39 ±0,36	5.65 ±0, 0
x̄ P ppm n=8	34 ±0,15	27 ±0,24	15 ±0,21	9 ±1,58	10 ±1,42
x̄ Ca (meq/100 ml) n=8	5,44 ±0,94	5,94 ±0,78	8,06 ±1,47	7,94 ±1,21	4,25 ±0,57
x̄ K (meq/100 ml) n=8	2,39 ±0,12	2,33 ±0,08	2,34 ±0,14	2,28 ±0,27	1,67 ±0,13
x̄ Mg (meq/100 ml) n=8	21,07 ±0,27	21,07 ±0,47	21,10 ±0,5	20,07 ±3,92	11.97 ±1,73
x̄ Al (meq/100 ml) n=8	0,15 ±0	0,15 ±0	0,15 ±0	0,17 ±0,05	0,17 ±0,03

Cuadro 4 . Análisis de varianza para las características químicas del suelo entre zonas de árboles de *Avicennia germinans*.

Característica química	Significancia
Aluminio	NS
Calcio	NS
Potasio	NS
Magnesio	NS
Fósforo	NS
pH	NS
Salinidad	NS

NS = no significativo.

Cuadro 5 . Porcentaje promedio de cenizas, fósforo y nitrógeno en hojas de 8 categorías de árboles de *Avicennia germinans* y promedio de salinidad y pH del suelo para cada categoría en el manglar de Salinas, Puntarenas.

Categoría	Altura (m)	x Salinidad (mohms/cm) n=8	x pH n=8	x Cenizas (%) n=8	Hojas nuevas x fósforo (%) n=8	Hojas viejas x fósforo (%) n=8	Hojas nuevas x nitrógeno (%) n=8	Hojas viejas x nitrógeno (%) n=8
A	0 - 1,0	52,20	7,37 ± 0,38	12,50 ± 2,00	0,157 ± 0,034	0,143 ± 0,036	1,36 ± 0,24	1,25 ± 0,38
B	1,0 - 2,5	46,57	7,74 ± 0,12	11,05 ± 1,31	0,140 ± 0,022	0,135 ± 0,046	1,15 ± 0,25	1,18 ± 0,29
C	2,5 - 5,0	38,29	6,61 ± 0,53	15,69 ± 2,34	0,209 ± 0,044	0,165 ± 0,036	1,38 ± 0,53	1,18 ± 0,41
D	5,0 - 10	55,98	5,39 ± 0,36	15,51 ± 0,35	0,268 ± 0,075	0,140 ± 0,028	2,01 ± 0,44	1,46 ± 0,34
E	>10	12,44	5,65 ± 0,00	- -	0,135 ± 0,014	0,121 ± 0,018	1,21 ± 0,17	1,14 ± 0,10

Cuadro 6 . Análisis de varianza para el porcentaje de cenizas, fósforo y nitrógeno en las hojas de árboles de *Avicennia germinans*.

Porcentaje de	Significancia
Cenizas en hojas	NS
Fósforo en hojas nuevas	NS
Fósforo en hojas viejas	NS
Nitrógeno en hojas nuevas	NS
Nitrógeno en hojas viejas	NS

NS = no significativo.

Cuadro 7 . Resumen del análisis de correlación entre los porcentajes de cenizas, fósforo y nitrógeno foliares en *Avicennia germinans* y los factores químicos del suelo de manglar.

Porcentaje de	Salinidad	pH	P en suelo	% Cenizas
Cenizas en hojas n=4	S	S	-	-
P en hojas nuevas	NS	NS	NS	NS
P en hojas viejas	NS	NS	S	NS
N en hojas nuevas	NS	NS	-	NS
N en hojas viejas	S	NS	-	-

NS= no significativo.

S= significativo.

ANEXO 2:

FIGURAS.

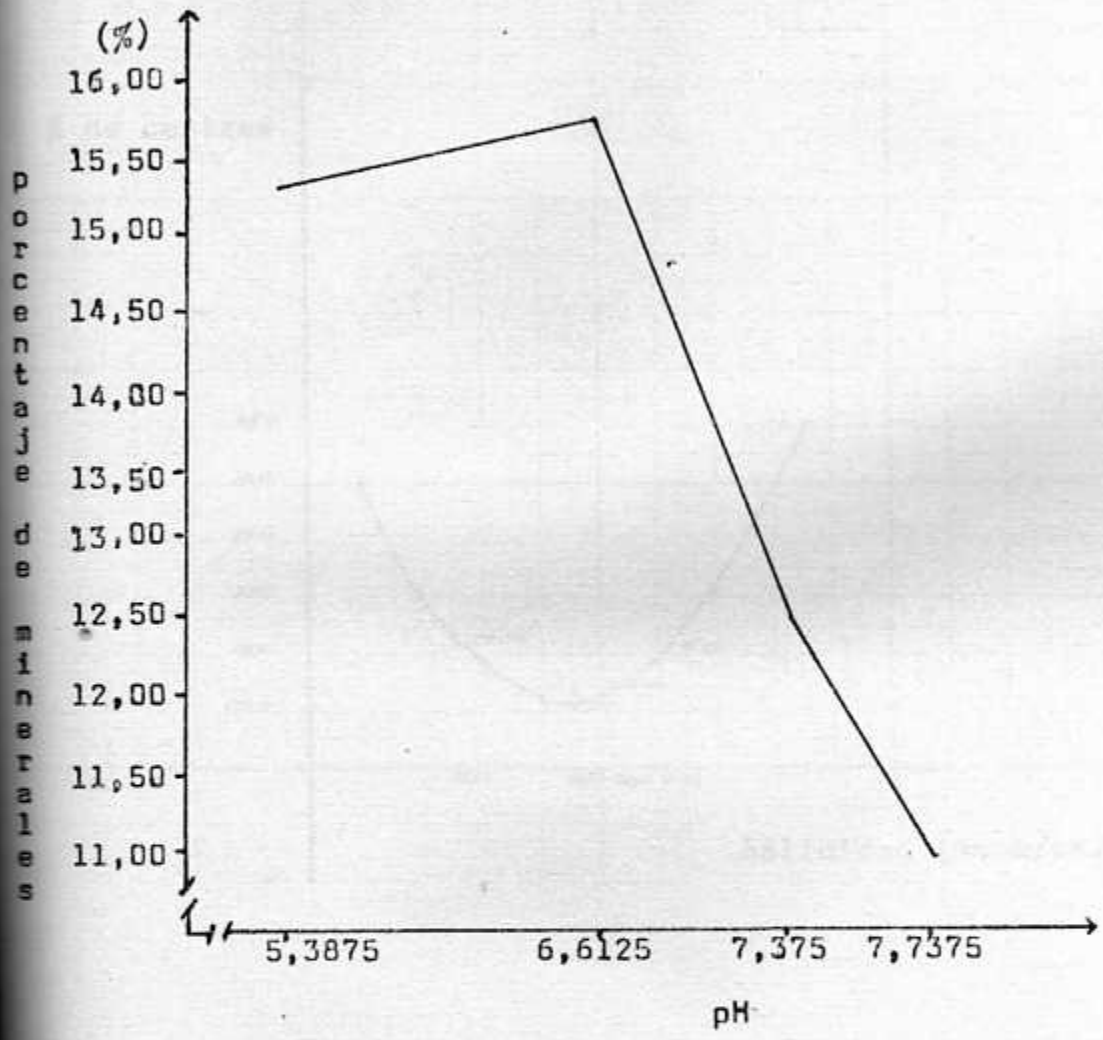

Fig. 3. Porcentaje de minerales en las hojas de 5 categorías de árboles de A. germinans relacionado con el pH del suelo.

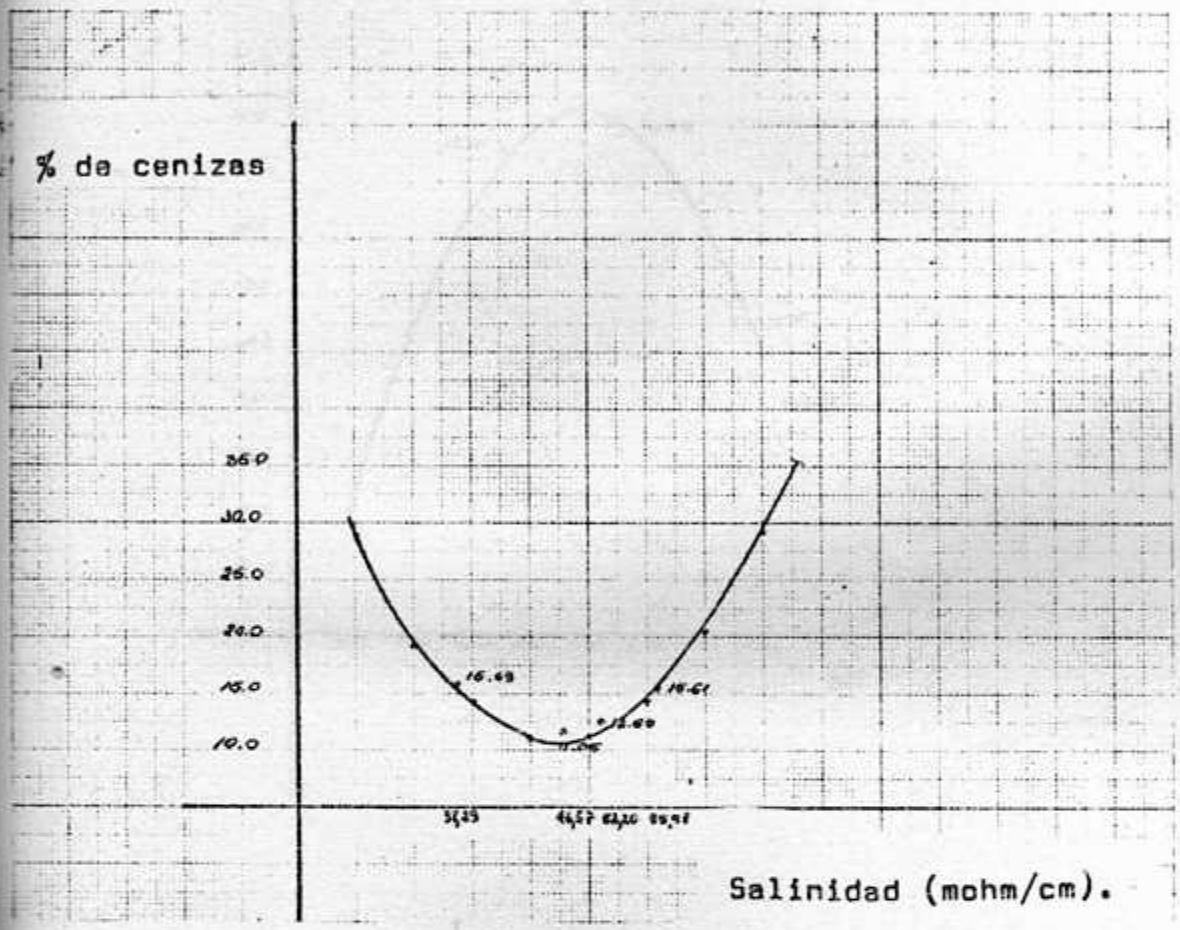

Fig. 4. Regresión parabólica para el porcentaje de cenizas en las hojas y la salinidad del suelo.

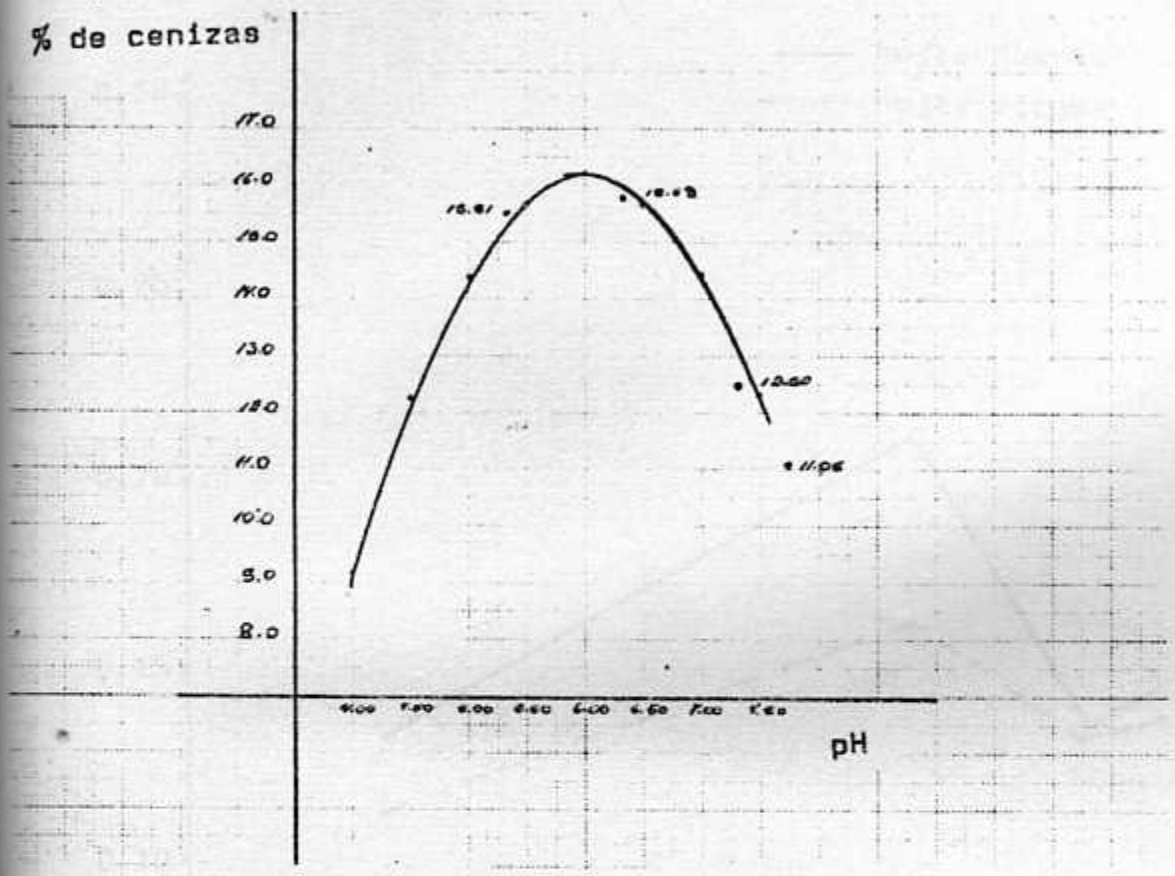

Fig. 5. Regresión parabólica para el porcentaje de cenizas en las hojas y el pH del suelo.

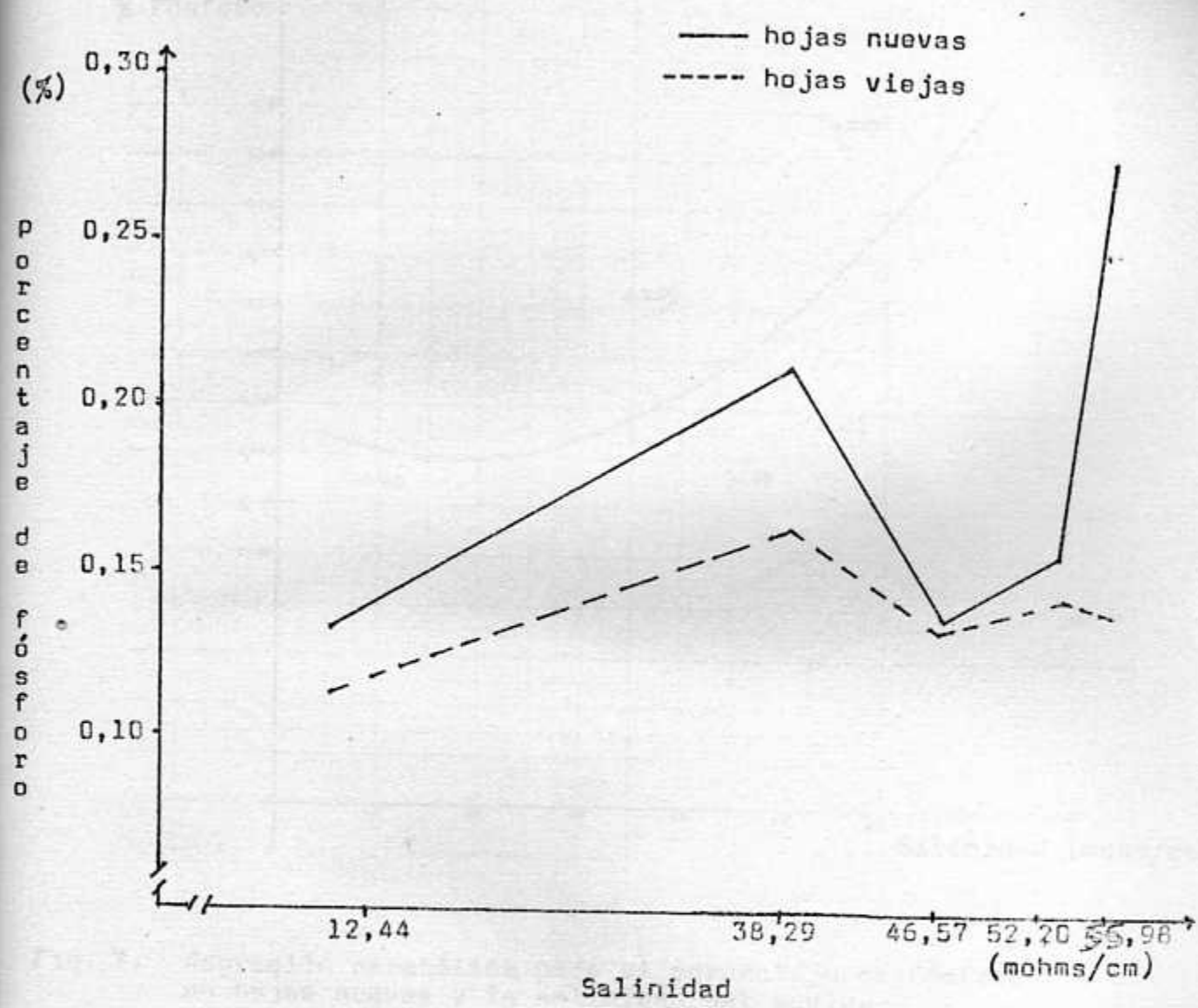

Fig 6. Porcentaje de fósfóro en hojas viejas y nuevas en 5 categorías de árboles de A. germinans relacionado con la salinidad del suelo.

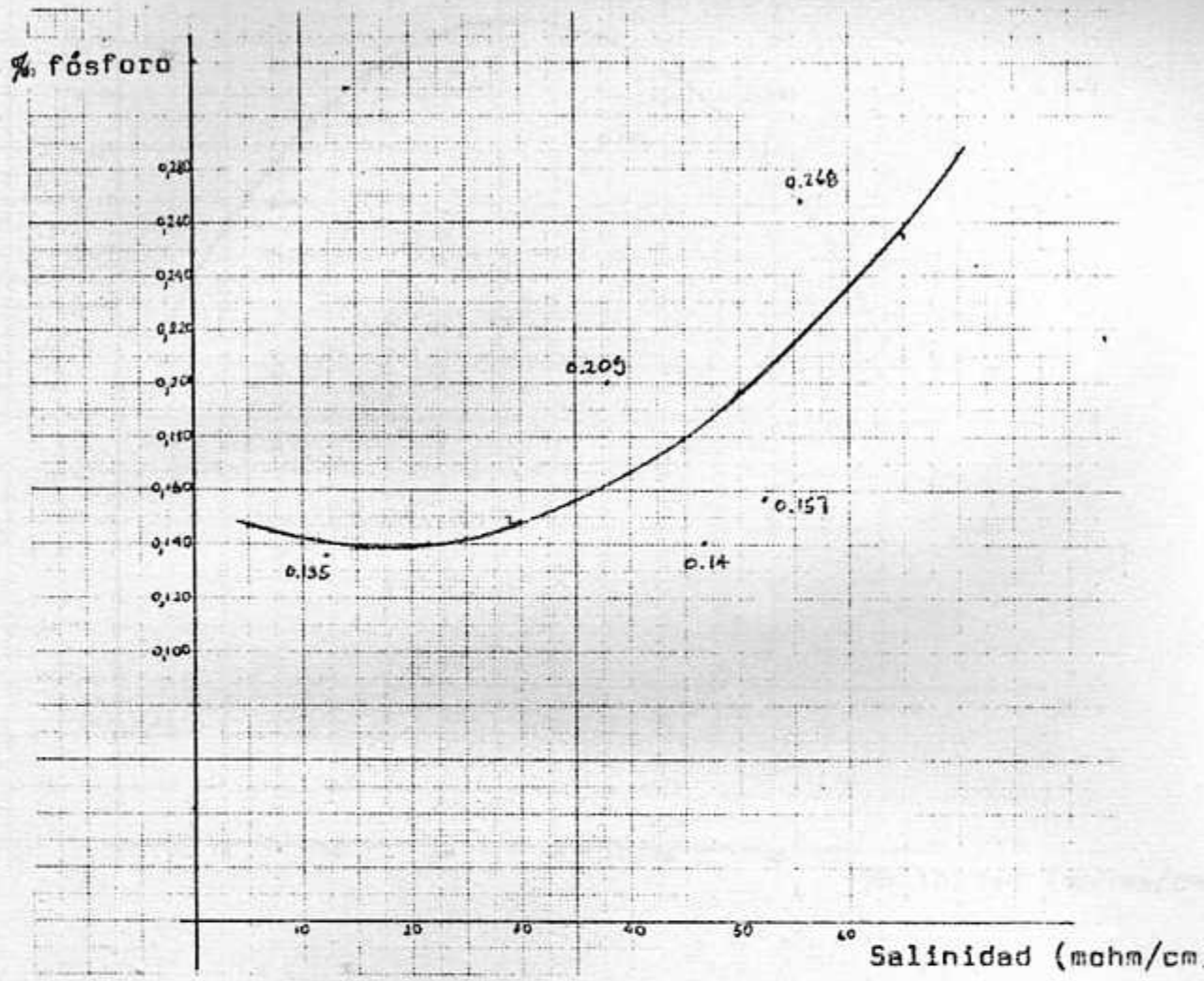

Fig. 7. Regresión parabólica para el porcentaje de fósforo en hojas nuevas y la salinidad del suelo.

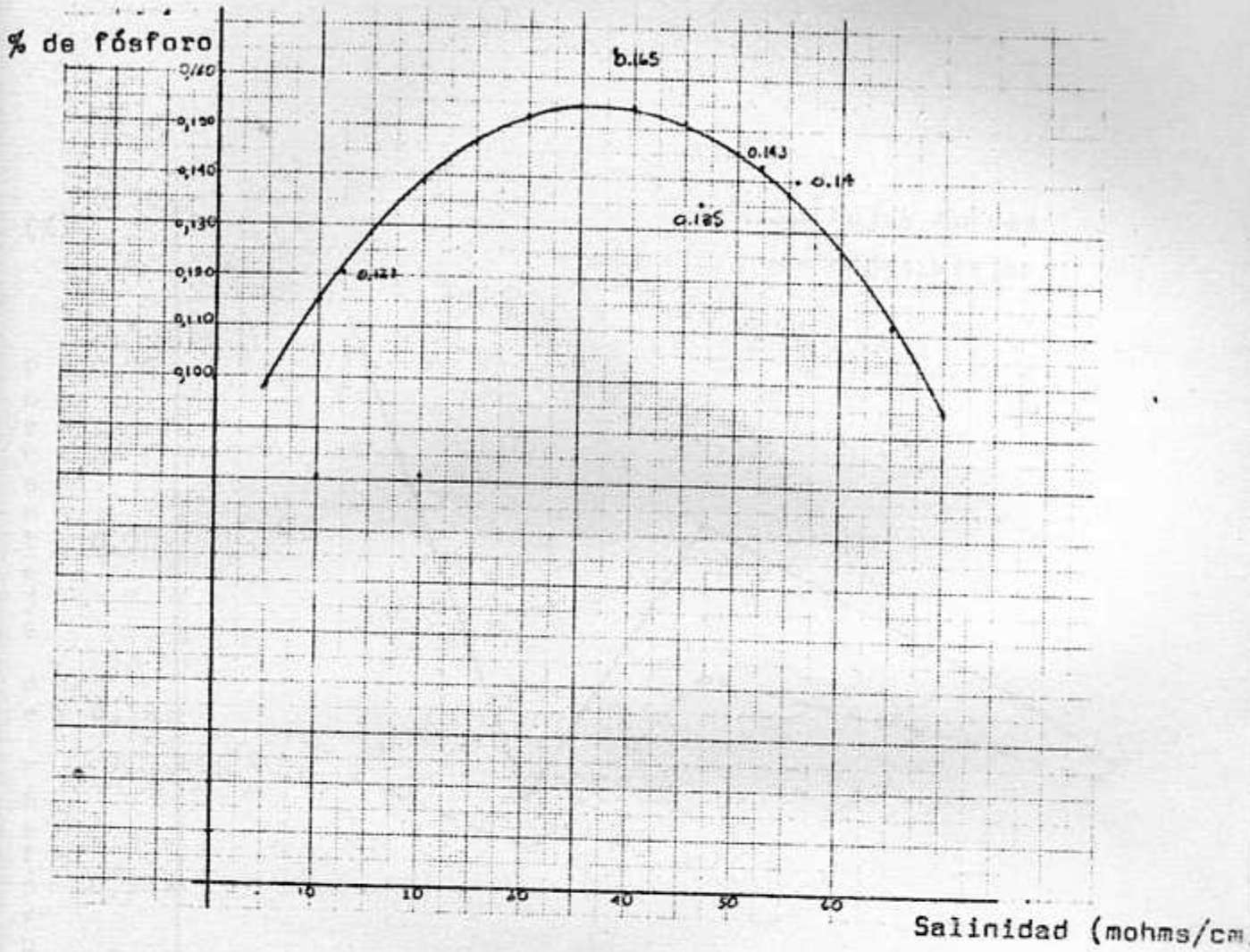

Fig. 8. Regresión parabólica para el porcentaje de fósforo en hojas viejas y la salinidad del suelo.

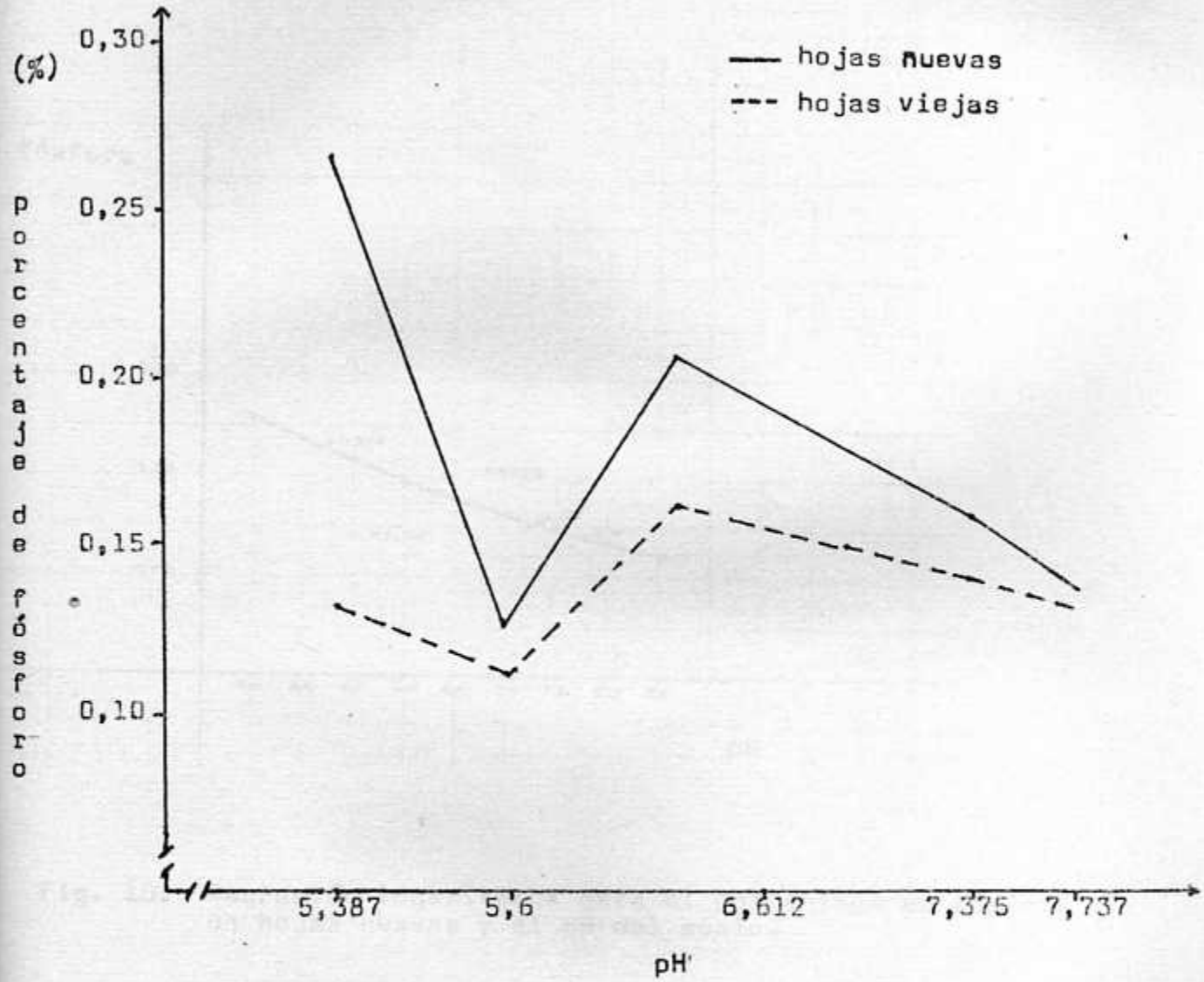

Fig. 9. Porcentaje de fósforo en hojas viejas y nuevas en 5 categorías de árboles de A. germinans relacionado con el pH del suelo.

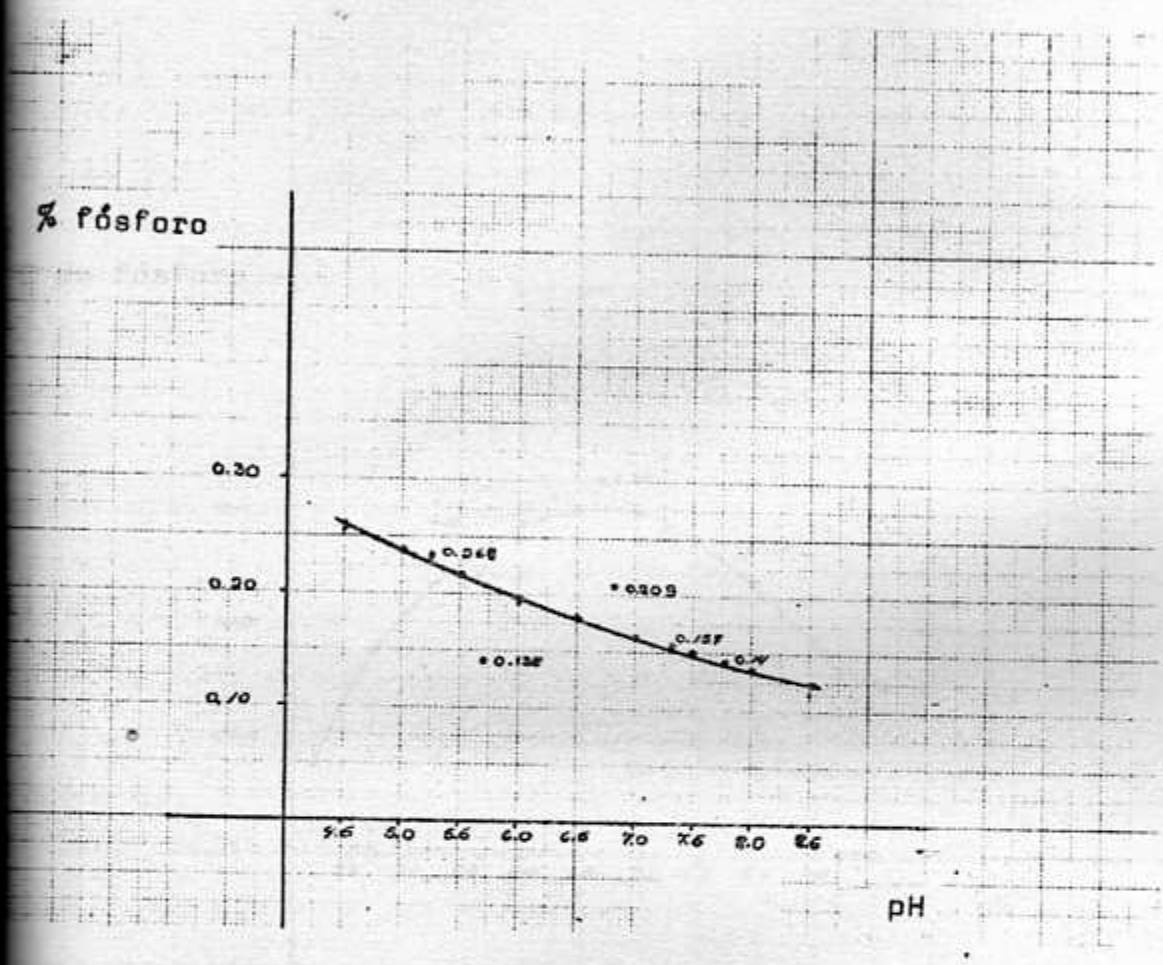

Fig. 10. Regresión logarítmica para el porcentaje de fósforo en hojas nuevas y el pH del suelo.

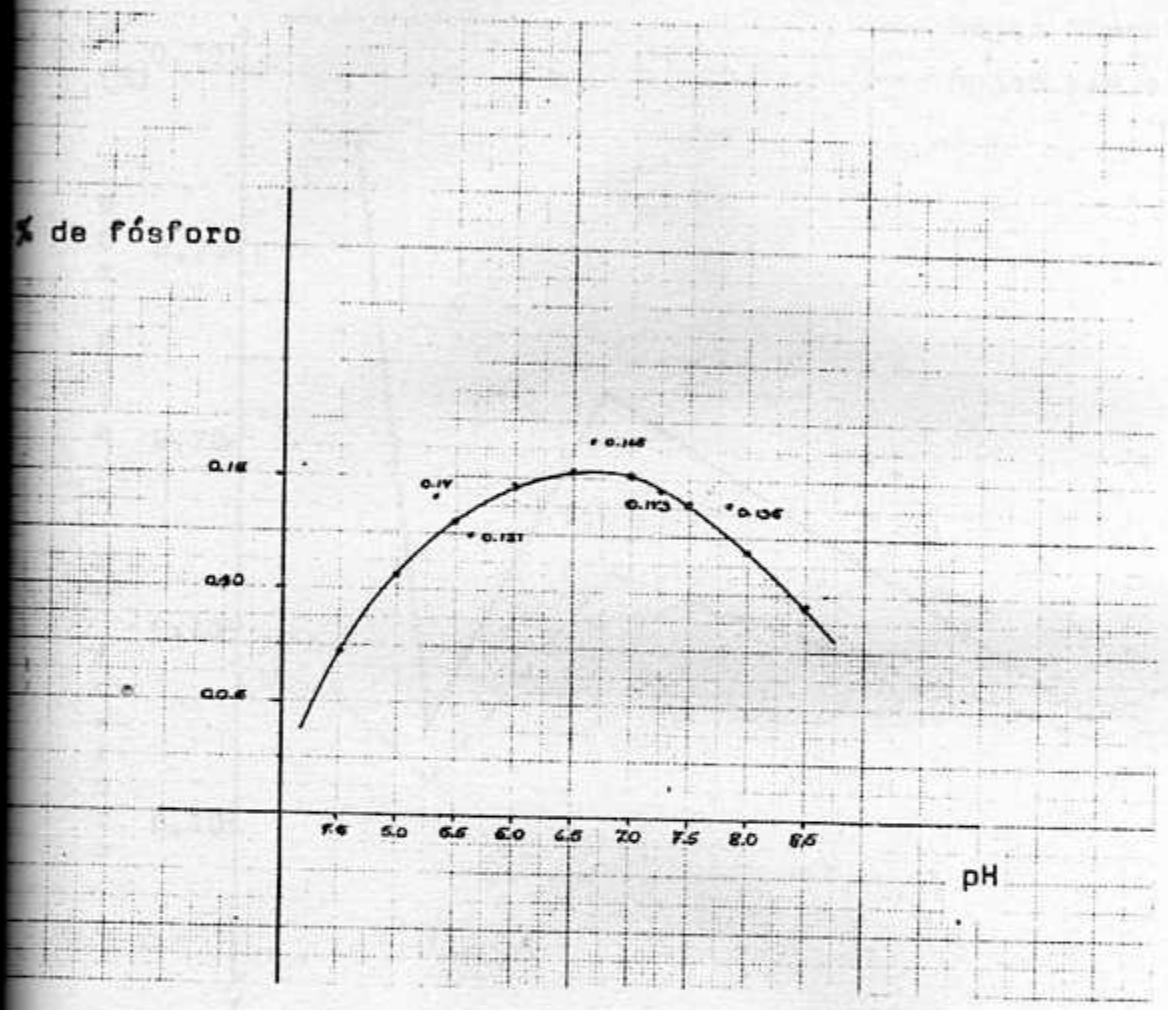

Fig. 11. Regresión parabólica para el porcentaje de fósforo en hojas viejas y el pH del suelo.

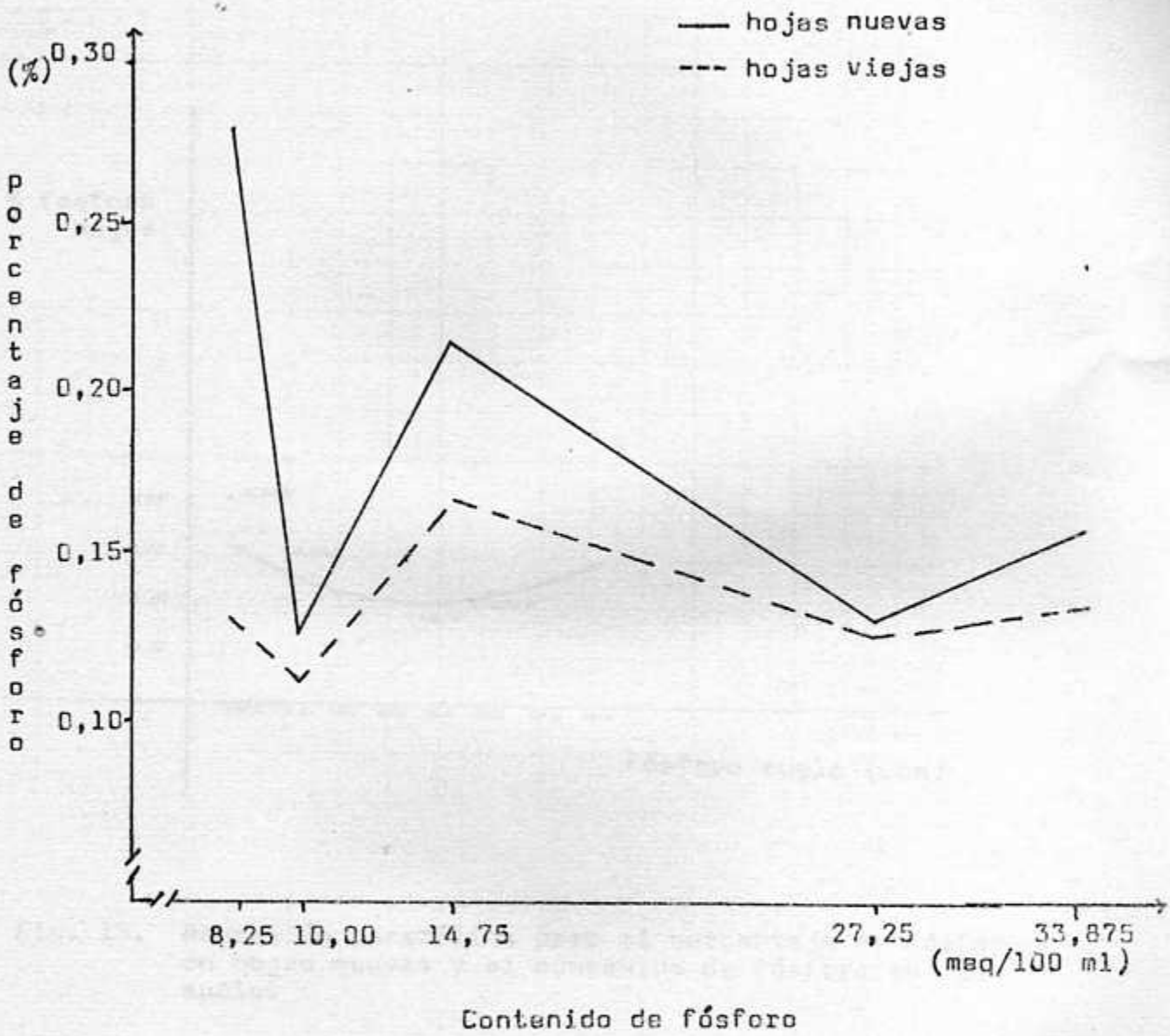

Fig.12. Porcentaje de fósforo en hojas viejas y nuevas en 5 categorías de árboles de A. germinans relacionado con el contenido de fósforo en el suelo.

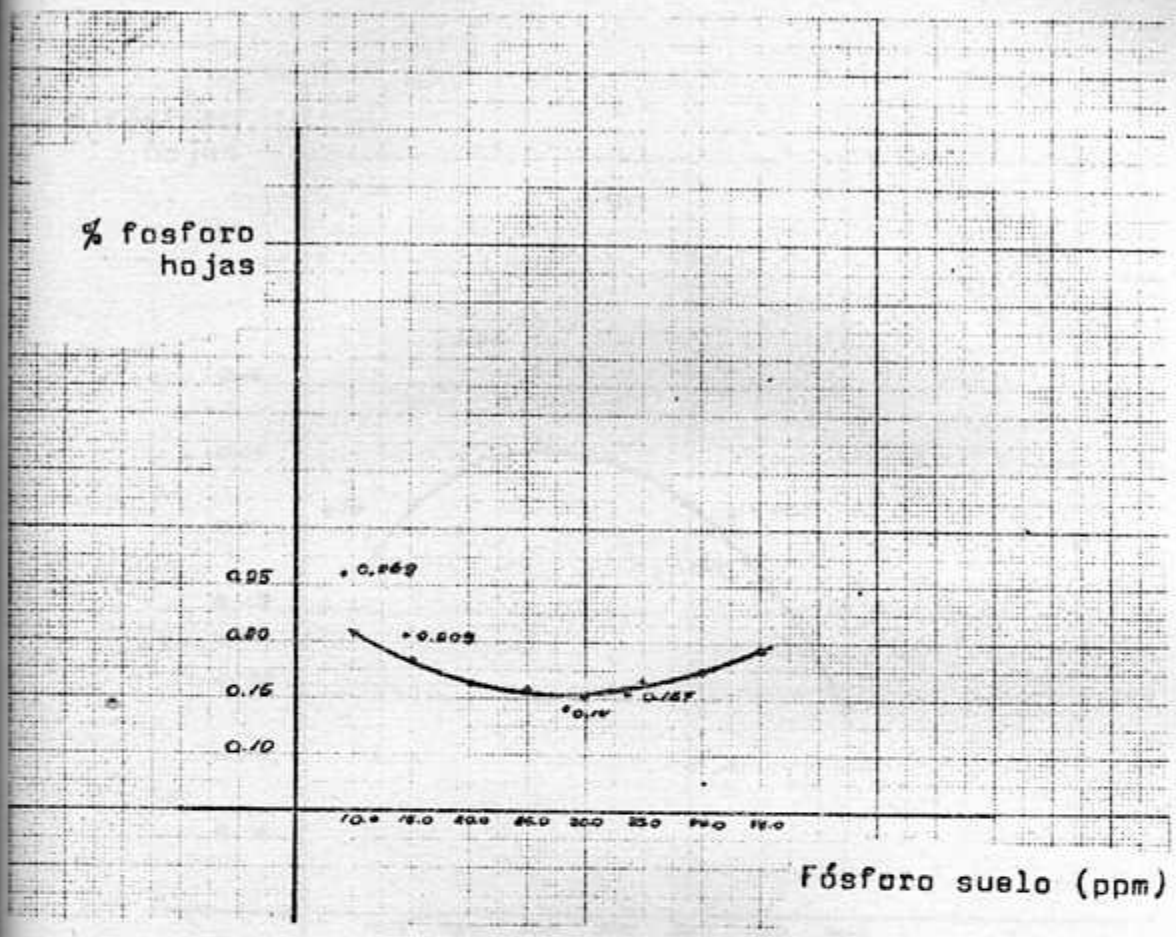

Fig. 13. Regresión parabólica para el porcentaje de fósforo en hojas nuevas y el contenido de fósforo en el suelo.

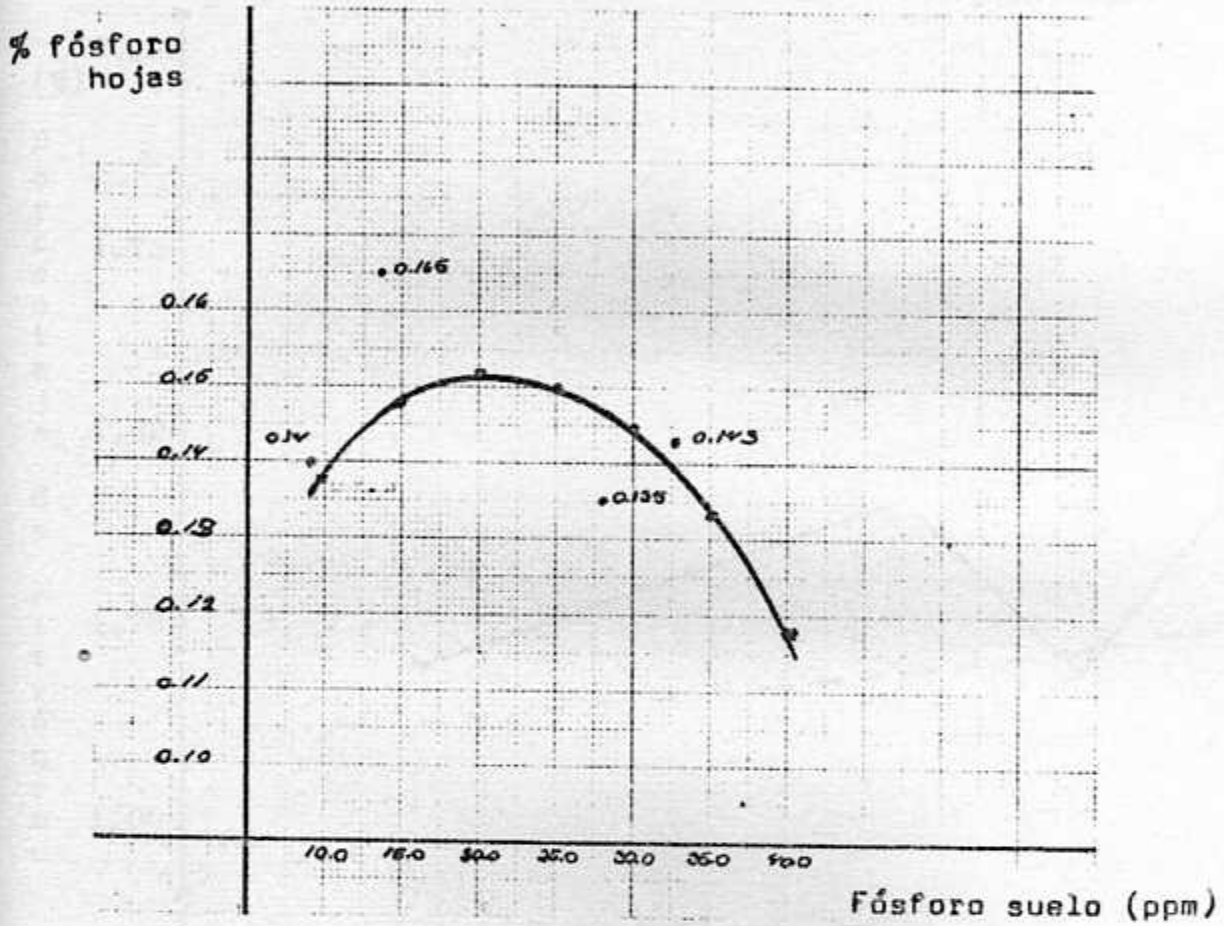

Fig. 14. Regresión parabólica para el porcentaje de fósforo en hojas viejas y el contenido de fósforo en el suelo.

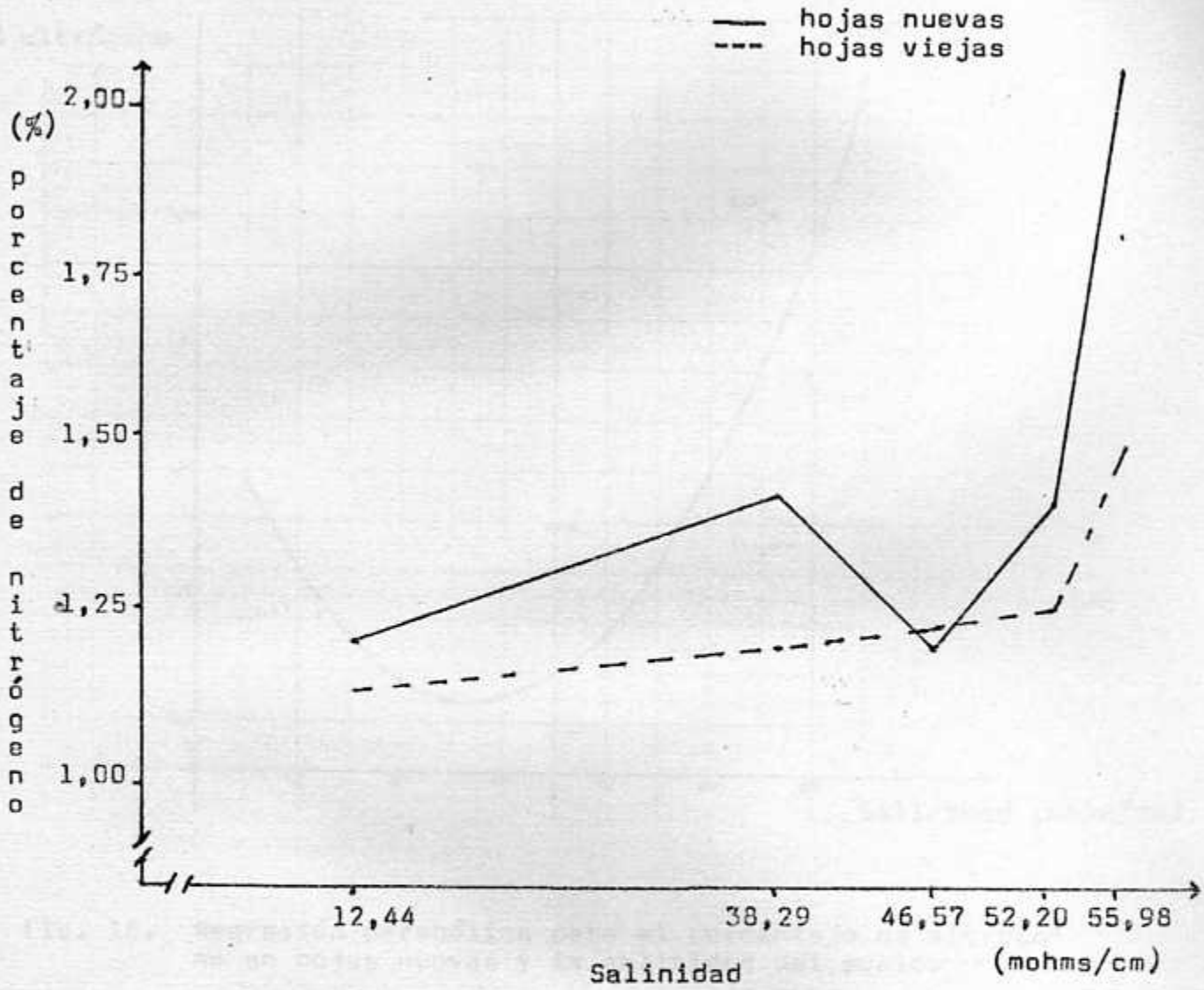

Fig. 15. Porcentaje de nitrógeno en hojas nuevas y viejas en 5 categorías de árboles de A. germinans relacionado con la salinidad del suelo.

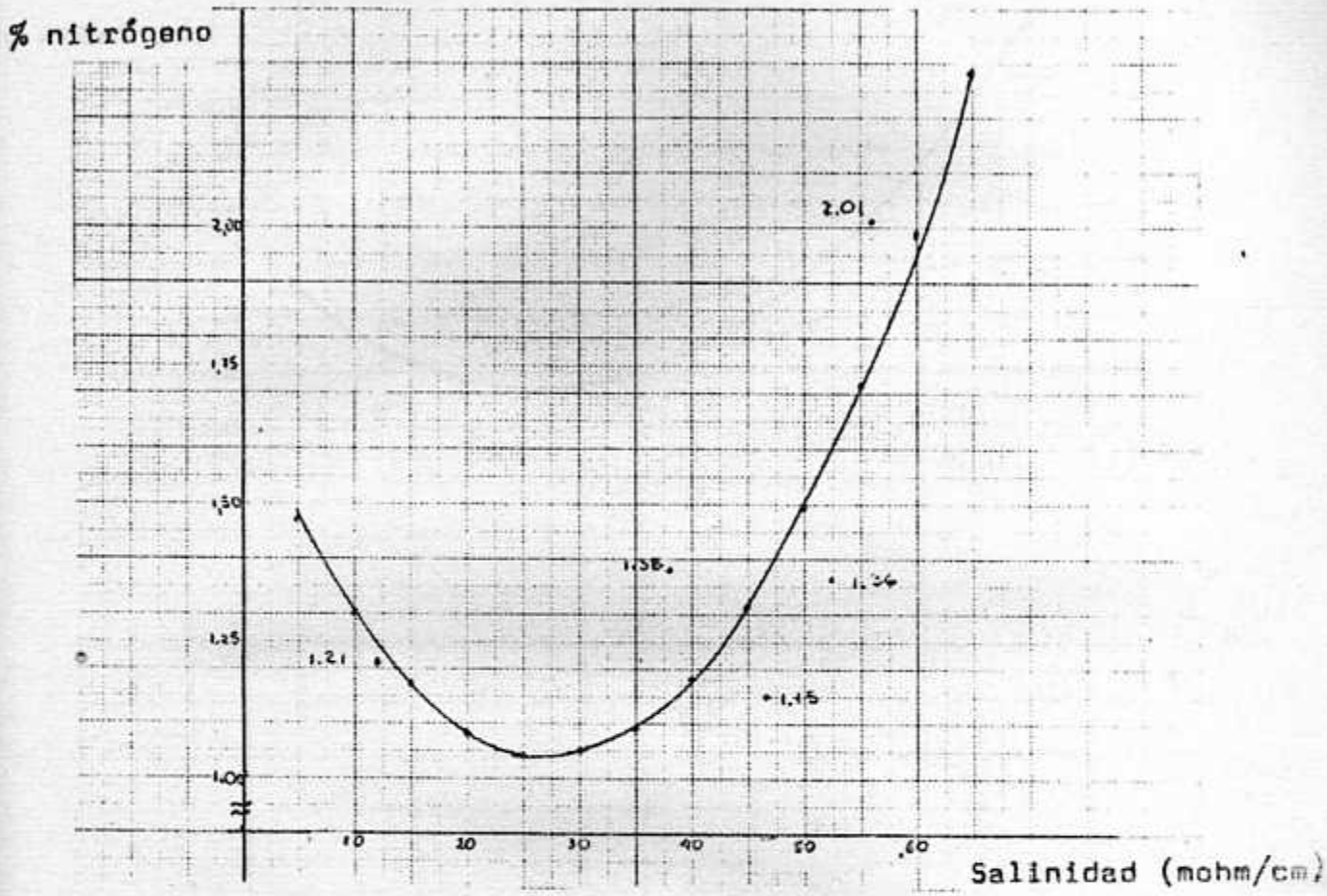

Fig. 16. Regresión parabólica para el porcentaje de nitrógeno en hojas nuevas y la salinidad del suelo.

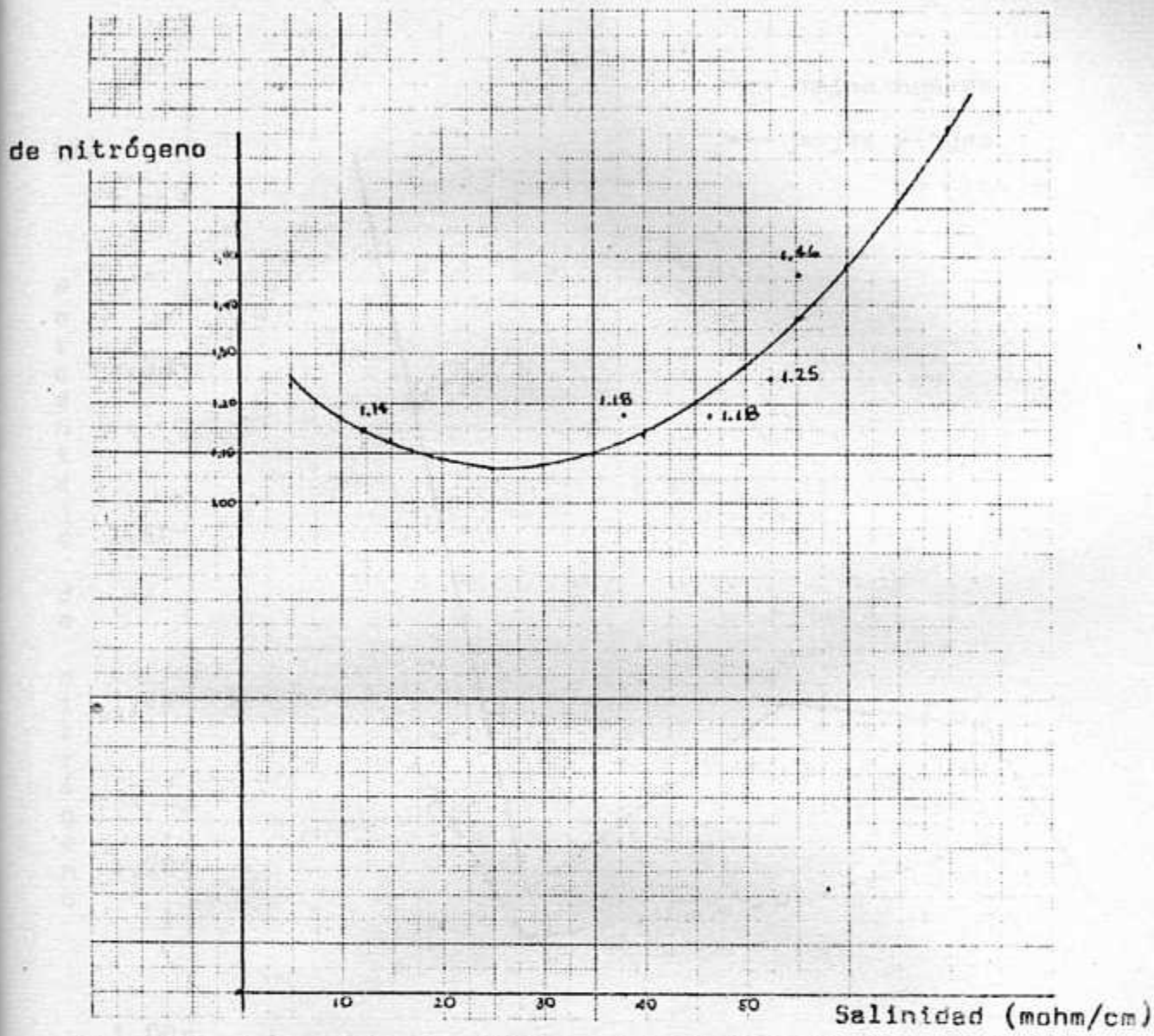

Fig. 17. Regresión parabólica para el porcentaje de nitrógeno de hojas contra salinidad del suelo.

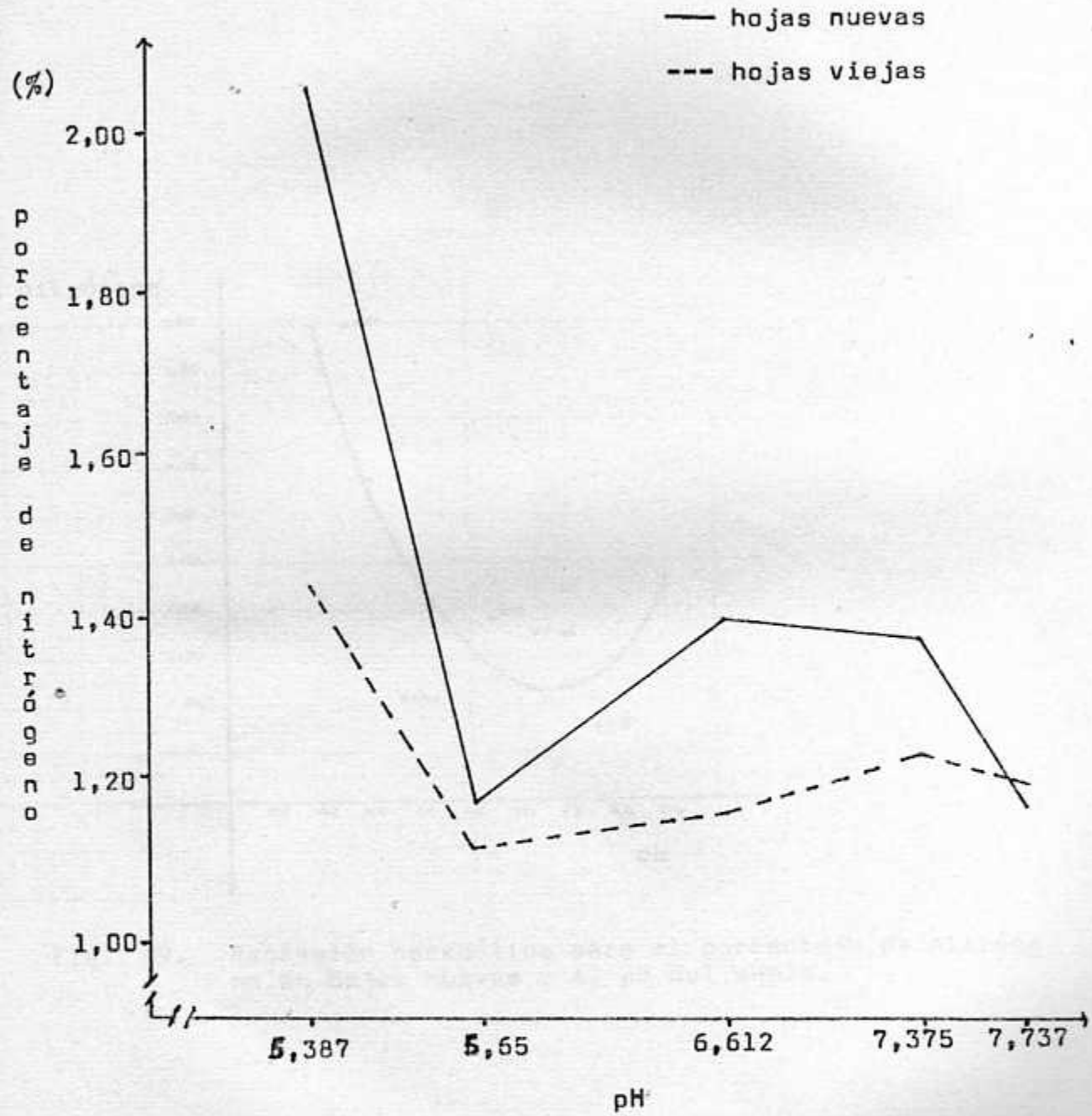

Fig.18. Porcentaje de nitrógeno en hojas nuevas y viejas en 5 categorías de árboles de A. germinans relacionado con el pH del suelo.

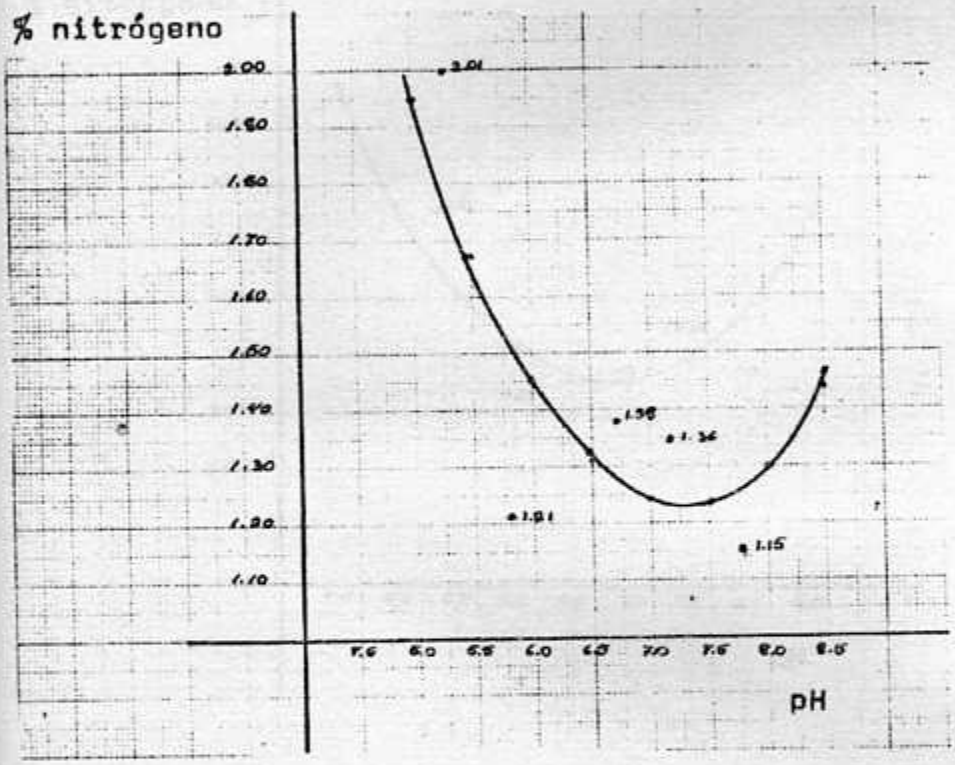

Fig. 19., Regresión parabólica para el porcentaje de nitrógeno en hojas nuevas y el pH del suelo.

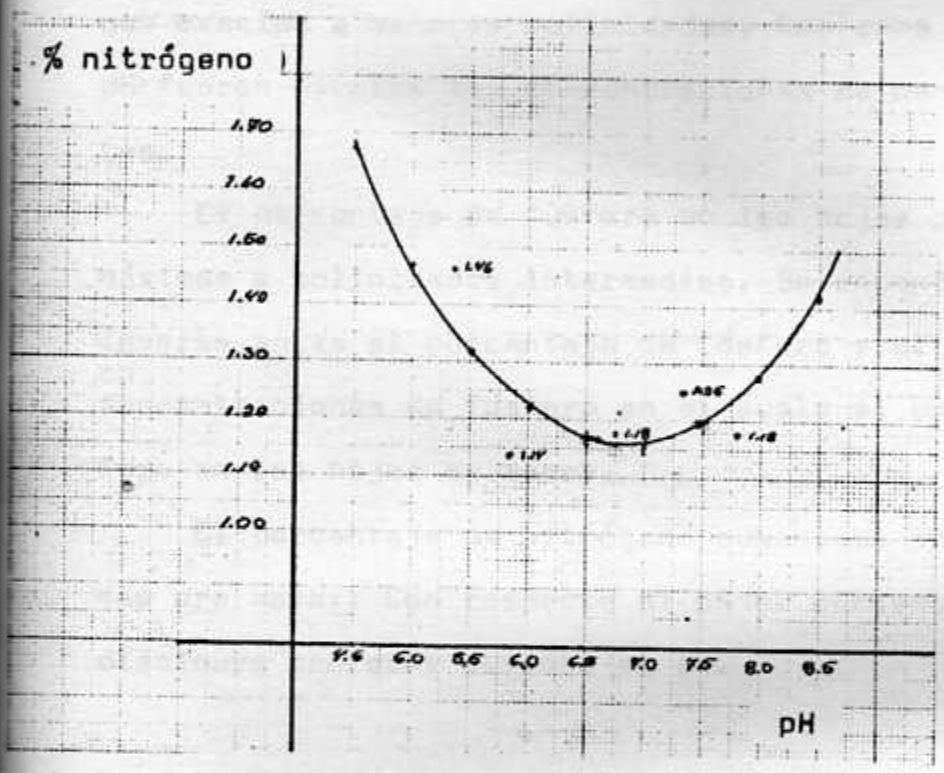

Fig. 20. Regresión parabólica para el porcentaje de nitrógeno en hojas viejas y el pH del suelo.

RESUMEN

En esta investigación se utilizaron árboles reproductivos de Avicennia germinans (L.) L. para determinar las variaciones en las concentraciones foliares de cenizas, fósforo y nitrógeno con respecto a algunas características del suelo.

Se obtuvo un mayor porcentaje de cenizas en las plantas que crecían a menores salinidades. Conforme los valores en el pH fueron mayores las concentraciones de cenizas fueron menores.

El porcentaje de fósforo en las hojas presentó valores máximos a salinidades intermedias. Se encontró una relación inversa entre el porcentaje de fósforo y el pH. A mayores concentraciones de fósforo en el suelo el porcentaje de fósforo en las hojas es menor.

El porcentaje de nitrógeno aumentaba conforme la salinidad era mayor. Con respecto al pH el porcentaje de nitrógeno disminuye conforme aumenta el pH.

BIBLIOGRAFIA

Allison, L. E. et al. 1962. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Ed: Richards, L. A. Trad. del inglés: Sánchez et al . Imprenta Arana, S.A. México. 172 p.

Ashby, W. C. 1982. Root growth in American Basswood. Ecology 45(2): 333-339.

Bassett, P. A. 1980. The effect of soil salinity and calcium levels on the growth of Bromus mollis in the Camargue, France. Oikos 35(3): 353-358.

Bernstein, L. 1961. Osmotic adjustment of plants to saline medio. I. Steady state. Amer. Journ. Bot. 48(10): 909 -918.

_____. & H.E., Hayward. 1958. Physiology of tolerance in halophytes. Ann. Rev. Plant. Physiol. (9): 25-46.

Black, C. A. 1975. Relaciones suelo-planta. Tomo I yIII. Trad. del inglés: Rabuffette. Editorial Hemisferio Sur, SRL. Buenos Aires, Argentina. 886 p.

Boto, K. G. & J. T., Wellington. 1984. Soil caracteristics and nutrient status in a Northern Australian Mangrove Forest. Estuaries 7(1): 61-69.

Boyton, W. R. et al. 1980. Nutrient fluxes across in the turbid zone of a coastal plain estuary. In: Estuarine Perspectives. Academic Press, Inc. New York, USA. pp: 93-109.

Briceño, J. A. et al. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

Cervantes, C. A. y F., Mojica. 1981. Manual de Laboratorio de Edafología. Editorial de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 62 p.

Connor, D. J. 1969. Growth of grey mangrove (Avicennia marina) in nutrient culture. Biotrópica 1(2): 36-40.

Cintron, G. et al. 1978. Mangrove of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. Biotropica 10: 110-121.

Chapman, V. J. 1974. Salt marshes and salt deserts of the world. In: Ecology of Halophytes. Ed: Reimold & Queen. Academic Press, Inc. New York, USA. pp: 3-19.

Christensen, B. 1978. Biomass and primary production of Rhizophora apiculata Bl. in a mangrove in Southern Thailand. Aquat. Bot. 4: 43-52.

DeLaune, R.D. & W. H., Patrick, Jr. 1980. Nitrogen and phosphorus cycling in a gulf coast salt marsh. In: Estuarine Perspectives. Academic Press, Inc. New York, USA. pp: 143-151.

Devlin, R. M. 1976. Fisiología vegetal. Trad, del niglés: Llimona. 3era ed. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 517 p.

Downton, W. J. S. 1982. Growth and osmotic relations of the mangrove Avicennia marina as influenced by salinity. Aust. J. Plant. Physiol. 9: 519-528.

Duncan, W.H. 1974. Vascular halophytes of atlantic and gulf coasted of North América, North of Mexico. In: Ecology of halophytes. Ed: Reimold & Queen. Academic Prees, Inc. New York, USA. pp: 23-50

Flowers, T..J. et al. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol. (28): 89-121.

Gale, J. 1975. Water balance and gas exchange of plants under saline conditions. In: Plants in Saline Environment. Ed: Polkjakoff-Mayber & Gale. Springer- Verlag. Berlin, Germany. pp: 168-185.

_____. 1975. The cobined effect of environmental factors and salinity on plant growth. In: Plants in Saline Environment. Ed: Polkjakoff-Mayber & Gale. Springer-Verlag. Berlin, Germany. pp: 186-192.

Gill, A. M. & P. B. Tomlinson. 1977. Studies on the growth of red mangrove (Rhizophora mangle L.). The adult root system. Biotropica 9(3): 145-155.

Golley, F. et al. 1962. The structure and metabolism of a Puerto Rican red mangrove forest in may. Ecology 43 (1): 9-19.

Golley, F. et al. 1978. Ciclagem mineral em um ecossistem de floresta tropical humida. EDUSP. Sao Pablo, Brasil. 123 p.

Hall, J. L. & T. J. Flowers. 1973. The effect of salt on protein synthesis in the halophyte Suaeda maritima. Planta (Berl.) 110: 361-368.

Holdridge, L. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 216 p.

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 1983. Global status of mangrove ecosystems. IUCN, Comission on Ecology. Netherlands. 88 p.

Jefferies, R. L. 1981. Osmotic adjustment and the response of halophytic plants to salinity. BioScience 13(1) :42-46.

Jennings, D. H. 1968. Halophytes succulence and sodium in plants. A unified theory. New Phytol. 67 :899-911.

Johnson, C. M. & A., Ulrich. 1959. Analitical methods for use in plant analysis. Calif. Agr. Exp. Sta. Bull. 766 :18-25.

Joshi, G. et al. 1975. Ion regulation in mangrove in G. E. walsh, S.C. et al proceding of international symposium on biological management of mangrove. Vol. 2. Uriver, Florida. pp: 579-594.

Kylin, A. & R. S., Quatrano. 1975. Metabolic and biochemical aspects of salt tolerance. In: Plants in saline environment. Ed: Polkjakoff-Mayber & Gale. Springer-Verlag. Berlin, Germany. pp: 147-167.

Lamberti, A. 1969. Contribuicao ao con hecicimento da ecologia da plantas do mangle sal de ITANHAEM. Bol. Fasc Fill. 100 c.e. Let. Univ. Sao Pablo 317. ser. bot. 23 :1-127.

Lang, G. A. 1958. Sinple microdetermination of Kjeldahl nitrogen in biological materials. Analytical Chem. 30 (10) :1692-1694.

Leshem, Y. & E., Levison. 1972. Regulation mechanisms in the salt mangrove Avicennia marina growing on the Sinai Littoral. Ecol. Plant 7(2) :167-176.

Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses. Academic Press, Inc. New York, USA. 697 p.

Likens, G. E. et al. 1967. The calcium, magnesium, potassium and sodium Buggets for a small forested ecosystem. Ecology 48(5) :772-785.

Linthurst, R. A. & E. D., Seneca. 1981. Aeration, nitrogen and salinity as determinants of Spartina alterniflora Loisel. Growth Responses 1. Estuaries 4(1) :53-63.

Maas, E. V. & R. H. Neiman, 1978. Physiology of plant tolerance to salinity. In: Tolerance of suboptimal Land Condition. Siger Road Madison. USA. pp: 277-299.

MacNae, W. 1966. Mangroves in Eastern and Southern Australia Aust. J. Bot. 14: 67-104.

Mc Millán, C. 1974. Salt tolerance of mangrove and submerged aquatic plants. In: Ecology of Halophytes. Ed: Reimold & Queen. Academic Pess, Inc. New York, USA. pp: 379-390.

Mizrachi, D et al. 1980. Effect of salinity stress on Nitrogen metabolism balance and protein synthesis in the mangrove species Rhizophora mangle and Avicennia nitida. Botánica Marina 23(5) :289-296.

Morrow, L. & N. H. Nickerson. 1973. Salt concentration in ground waters beneath Rhizophora mangle y Avicennia germinans. Rhodora 75 :102-106.

Odum, Eugene P. 1974. Halophytes, energetics and ecosystems. In: Ecology of Halophytes. Ed: Reimold & Queen. Academic Press, Inc. New York, USA. pp: 599-602.

Okusanya, O. T. 1980. The effect of salinity and nutrient level on the growth of Lavatera arborea. Oikos 35(1) :49-54.

Ortiz V., R. 1983. Variaciones en el contenido de N, K, Ca, Mg y Na en un cafetal y dos estados de sucesión del bosque húmedo de premontano en Ciudad Colón. Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae. Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica. 69p.

Pannier P., F. 1959. El efecto de distintas concentraciones salinas sobre el desarrollo de Rhizophora mangle L. Acta científica Venezolana 10(3) :68-78.

Pannier, F y Rosario F., Pannier. 1977. Interpretación fisioecológica de la distribución de manglares en las costas del continente suramericano. Interciencia 2(3) : 153-161.

Parker, R. E. 1976. Estadística para biólógos. Trad del inglés: Serra, L. Ediciones Omega, S.A. Barcelona , España. 136 p.

Polkjakoff-Mayber, Alexandra. 1975. Morfological and anatomical changers in plants as a response to salinity stress. In: Plants in saline environment. Ed: Gale-Polkjakoff-Mayber. Springer-Verlag. Berlin, Germany. pp: 97-117.

Queen, W. H. 1974. Physiology of coastal halophytes. In: Ecology of halophytes. Ed: Reimold & Queen. Academic Press, Inc. New York, USA. pp: 345-354.

Sánchez, P. A. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo. Dirección Pública y Comunicaciones del Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 660 p.

Shankes, R. & E.C., Clebsch. 1982. Computer programs for the estimation of forest stand weight and mineral pool. Ecology. 43(2) :339-341.

Shainberg, I. 1975. Salinity of soils -effects of salinity on the physics y chemistry of soils. In: Plants in saline Environment. Ed: Polkjakoff-Mayber & Gale. Springer- Verlag. Berlin, Germany. pp: 39-55.

Smart R. M. & J. W., Barko. 1978. Influence of sediment salinity and nutrient on the physiological ecology of select salt marsh plants. Estuarine and Coastal Marine Science 7 :487-495.

_____. 1980. Nitrogen nutrition and salinity tolerance of Distichlis spicata and Spartina alterniflora. Ecology 61(3) :630-638.

Smith, D. W. 1980. An evaluation of marsh nitrogen fixation. In: Estuarine Perspectives. Academic Press, Inc. New York, USA. pp: 135-141.

Soto, R. y J. A., Jiménez R. 1982. Análisis fisonómico estructural del manglar de Puerto Soley, La Cruz, Guanacaste, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 30(2) : 161-168.

Thomson, W. W. 1975. The estructuture and fúnction of salt glands. In: Plants in saline environment. Ed: Polkjakoff-Mayber & Gale. Springer-Verlag. Berlin, Germany. pp: 118-146.

Walsh, G. E. 1974. Mangroves: a review. In: Ecology of halophytes. Ed: Reimold & Queen. Academic Press, Inc. New York, USA. pp: 51-174.