

SOBRE LA ECOLOGIA DEL AGUA DE LOS MANGLES

Lieselotte Hammer.¹

Instituto Oceanográfico - Cumaná, Venezuela.

RESUMEN

Los cursos diarios de la transpiración de *Rhizophora mangle* L., *Struthanthus dichotrianthus*, Eichl. y *Avicennia nitida* L. se determinaron en el ambiente natural.

Se demostró que la *Rhizophora mangle* no pertenece al grupo de las higrófitas, sino que es una xerófita según los cálculos realizados para la transpiración relativa. La planta semiparásita *Struthanthus dichotrianthus*, que crece sobre la *Rhizophora*, transpira 100% más que el huésped. La *Avicennia nitida* posee con respecto a la *Rhizophora* una intensidad de transpiración 1.5 — 1.6 mayor. Tanto la *Avicennia* como el semiparásito, pueden considerarse por lo tanto como mesófitas.

La importancia de la transpiración como fuerza deshidradante adicional se calculó a partir de las superficies foliares de las especies individuales. Se obtiene un valor de evaporación correspondiente al 40% — 50% en la zona de manglares, en relación a la superficie de agua libre cubierta por la copa del árbol.

Se planifica para el futuro el cálculo del balance de agua anual incluyendo la época de lluvias.

SUMMARY

The daily transpiration cycles of *Rhizophora mangle* L., *Struthanthus dichotrianthus*, Eichl. and *Avicennia nitida* L. were determined in their natural environment.

(1) Deseo expresar mi agradecimiento a la Srta. E. Zoppi por la colaboración prestada en este trabajo.

It was shown that *Rhizophora mangle* does not belong to the group of hygrophytes but that it is a xerophyte, according to the calculations made for the relative transpiration. The semiparasite plant *Struthanthus dichotrianthus*, which grown on *Rhizophora*, has a transpiration 100% higher than its host, while *Avicennia nitida* has a transpiration of 1.5—1.6 higher. *Avicennia* as well as the semiparasite may be considered mesophytes.

The importance of transpiration as an additional dehydrating strength was calculated starting from the foliaceous surface of the individual species. We obtain a value in evaporation equivalent to 40% — 50% in the mangrove zone relative to the free-water surface covered by the crown of the tree.

Future investigations will deal with the calculation of the balance of annual water, including the rainy season.

ÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN WASSERHAUSHALT DER MANGROVE

Einleitung

In zwei Arbeiten beschäftigt sich VON FABER (1913, 1923) mit dem Wasserhaushalt der Mangroven. Er versucht in diesen Mitteilungen zu zeigen, dass der seinerzeit von SCHIMPER aufgestellte Begriff der "physiologischen Trockenheit" sich nicht auf Mangroven anwenden lasse und in diesem Zusammenhang falsch sei. Da beide Arbeiten wenig experimentielle Daten aufweisen und reichlich oberflächlich erscheinen, zudem Tagestranspirationskurven gänzlich fehlen, scheint uns der Schluss wie VON FABER ihn zieht, dass die Mangroven Mesophyten seien absolut ungerechtfertigt. In nachstehender Arbeit sei über physiologische Standortsuntersuchungen in der Mangrove während der Monate Januar und März 1960 (Trockenzeit) berichtet.

Standortsverhältnisse

An der Ostküste Venezuelas befindet sich in der Nähe von Cumaná eine kleine Meeresbucht, Mochima, in deren Mitte eine kleine langgestreckte Insel liegt, die ebenso wie auch der Küsten- saum der Bucht mit einem etwa 8 - 10 m breiten Mangrovesaum

umzogen ist. Neben *Rhizophora mangle* findet sich *Avicennia nitida*; gewöhnlich beteiligt sich auch *Laguncularia* an der Mangroveformation, doch fehlt sie an diesem Standort. Auf *Rhizophora* wächst als Halbparasit eine Loranthaceae, *Struthanthus dichotrianthus*, die ebenfalls in die Untersuchungen einbezogen wurde.

Charakteristisch für das Untersuchungsgebiet ist, dass es sich um eine Mangroveform, handelt, die von relativ niederen Bäumen gebildet wird. So erreicht *Rhizophora* eine durchschnittliche Kronenhöhe von 4 - 5 m; es liegt also nicht jener Mangrovewaldtypus vor, wie wir ihm an tropischen Flussmündungen etwa am Amazonasdelta begegnen, wo die Bäume eine Höhe von 20 m und mehr erreichen. An *Rhizophora* anschliessend stehen vereinzelt *Avicennia*-bäume, die mit ihrem weitausgedehnten Luftwurzelsystem direkt an die mit Meerwasser umspülte Uferzone heranreichen. WALTER berichtet bereits, dass *Avicennia* immer sandigen Untergrund bevorzugt und auch in unserem Untersuchungsgebiet stehen die *Avicennia*-bäume immer an Stellen mit sandigem, kaum schlickigem, festem Boden. Der Gezeitenunterschied ist äusserst gering. Messungen ergaben im Mittel 30 - 40 cm, sodass Schwankungen im Wassergehalt des Bodens durch Austrocknen keine Rolle spielen dürften. Der Salzgehalt des Wasser beträgt 36‰.

Die Lage der Untersuchungsstation auf einer Insel bot den Vorteil, dass Beschattungseffekte, wie sie in landnahen Stellen durch die bis an das Meer heranreichenden Küstenberge auftreten können, ausgeschaltet waren.

Methode

Zur Bestimmung der Transpiration wurde die Methode der kurzfristigen Wägung mit einer Federwaage benutzt. Die Berechnung erfolgte unter Berücksichtigung beider Blattseiten auf mg $H_2O/1 \text{ min}/1dm^2$. Die Evaporationsgrösse liess sich mit Hilfe eines primitiven Evaporimeters ermitteln. Es bestand aus einer umgekehrten Titrationsbürette, die mit einer Scheibe Löschpapiers abgeschlossen war; die Berechnung der Evaporation erfolgte ebenfalls auf mg $H_2O/1 \text{ min}/1dm^2$.

Täglicher Transpirationsverlauf

Wie aus Abb. 1 und 2 ersichtlich, ist die Transpiration von *Rhizophora* wässerst gering. Während der Mittagsstunden tritt trotz Ansteigens der Evaporation eine Absenkung der Transpiration infol-

ge mittäglichen Spaltenschlusses ein, wie dies auch bei Pflanzen der gemässigten Gebiete der Fall ist. Vergleicht man die Tageskurven von *Rhizophora* und *Struthanthus*, so zeigt sich, dass der Wasserverlust beim Halbparasiten wesentlich grösser ist als beim Wirt. Setzt man den täglichen Wasserverlust von *Rhizophora* gleich 1, so erhält man für die Loranthaceae eine um das 1,6 - 1,8 fach gesteigerte Transpirationsleistung.

Auch bei *Avicennia nitida* erreichen die Transpirationswerte während eines Tages viel höhere Werte als bei *Rhizophora*, die Berechnung ergab eine um das 1,4 - 1,8 fache gesteigerte Transpirationsintensität.

Hierzu muss bemerkt werden, dass die Messung der Transpiration bei Avicennia einige Schwierigkeiten bereitete, denn die Avicenniablätter sind tagsüber mit einer dicken Salzschicht an der Blattoberseite überzogen und in den frühen Morgenstunden tropft von den Blättern ständig Salzwasser ab. Es scheint zu einer aktiven Absalzung zu kommen, ein Vorgang, der so intensiv sein kann, dass der ganze Baumstamm durch das ablaufende Wasser nass ist. Es wurden daher die Blätter vor jeder Wägung vorsichtig mit Zellstoff abgetrocknet und während des Tages die Salzkristalle mittels eines Pinsels entfernt.

Die erhaltenen Kurven, von denen eine in Abb. 3 wiedergegeben ist, weisen jedoch immer weit höhere Transpirationsraten auf, als sie von *Rhizophora* erreicht werden.

Bestimmung der relativen Transpiration

Bestimmt man aus den Tageskurven die relative Transpiration für die einzelnen Mangrovepflanzen, so finden wir, wie in Tabelle I angegeben, für *Rhizophora* Werte zwischen 0,03 und 0,06, während für *Struthanthus dichotrianthus* sich eine relative Transpiration von 0,08 bis 0,11 errechnen liess. *Avicennia* besitzt ebenfalls einen hohen Wert für relative Transpiration und unterscheidet sich grundsätzlich von *Rhizophora*.

TABELLE I

Relative Transpiration berechnet aus Transpiration/Evaporation

<i>Rhizophora mangle</i>	0,03 — 0,06
<i>Struthanthus dichotrianthus</i>	0,08 — 0,11
<i>Avicennia nitida</i>	0,18 — 0,23

Seybold berechnete die für die einzelnen ökologischen Pflanzentypen charakteristischen Werte der relativen Transpiration. Legen wir seine Befunde einer Einstufung der hier untersuchten Pflanzen zugrunde, so sehen wir, dass Rhizophora in die Gruppe der Xerophyten einzureihen ist, die durch einen relativen Transpirationsgrösse von 0,03–0,06 ausgezeichnet sind, während die Loranthaceae und ebenso Avicennia in die Gruppe der Mesophyten fallen, deren Werte um 0,07 bis 0,19 liegen.

Wasserabgabe unter konstanten Laboratoriumsbedingungen

Dass sich Rhizophora und Avicennia tatsächlich grundlegend in ihrem Wasserabgabevermögen unterscheiden, konnte in einem weiteren Versuch gezeigt werden. Es wurden jeweils 10 Blätter abgeschnitten, deren Schnittflächen mit Vaseline abgedichtet, und dann im Laboratorium unter konstanten Evaporations- und Temperaturbedingungen aufgehängt und der Wasserverlust gemessen. Anfangs erfolgten die Wägungen in kurzfristigen Abständen (10 und 20 Minuten), später in einstündigen Intervallen. Die Berechnung ist in mg $H_2O/1 \text{ min}/1 \text{ dm}^2$ unter Berücksichtigung beider Blattflächen wiedergegeben. Setzt man den Wert für Rhizophora gleich 1, so erhält man eine um das 2,2-fach gesteigerte Wasserabgabe pro Flächeneinheit (Abb. 4 und 5).

Täglicher Wasserumsatz in der Mangrovezone

Inwieweit die Mangrovepflanzen neben der natürlichen Evaporation als wasserentziehende Kraft einer offenstehenden Wasseroberfläche eine Rolle spielen, sollen nachstehende Berechnungen zeigen.

Will man die Gesamtwasserabgabe eines Rhizophora- oder Avicenniabaumes errechnen, so ist es zunächst notwendig die Gesamtoberfläche eines Baumes zu kennen. Es wurden daher zwei isoliert stehende Baumkronen von Avicennia und Rhizophora gefällt und die Blätter abgenommen. Durch Wägung der Totalblattmasse und Bestimmung des durchschnittlichen Frischgewichtes sowie der mittleren Grösse eines Blattes liess sich die mittlere Oberfläche eines Baumes erfassen. Die Loranthaceae wurde eigens errechnet. In Tabelle II sind die gefundenen Werte wiedergegeben:

TABELLE II

	Oberfläche in m ² (+
<i>Rhizophora mangle</i>	58,0
<i>Struthanthus dichotrianthus</i>	5,4
<i>Avicennia nitida</i>	47,5
(+ Berechnung unter Berücksichtigung beider Blattseiten	

Tabelle III gibt die während eines Tages abgegebene Wassermenge bei den untersuchten Pflanzen wieder:

TABELLE III

Wasserabgabe in Liter während eines Tages pro Baum

<i>Rhizophora mangle</i>	17,1 — 25,0 Liter
<i>Struthanthus dichotrianthus</i>	2,5 — 3,3 "
<i>Avicennia nitida</i>	23,2 "

Bei der Frage nach der Grösse des zusätzlichen Wasserentzuges wäre es falsch, den Evaporationswert des Blattflächenareals in Beziehung zu setzen zu einer gleichgrossen Wasserfläche. Die transpirierende Blattoberfläche erhebt sich ja in Form der Baumkrone über einer viel kleineren Wasseroberfläche. Es erscheint daher sinnvoll, als Vergleichsbasis die vom Kronendach überdeckte freie Wasserfläche zu nehmen. Im allgemeinen beträgt der Kronenradius der *Rhizophora*-Bäume im genannten Untersuchungsgebiet zwischen 2 und 3 m, sodass für eine Berechnung eines Mittelwertes 2,5 m als Radius zugrunde gelegt wurden. Berechnet man nun die Evaporation dieser freien Wasserfläche und setzt damit die Tagestranspiration der ganzen *Rhizophora*-Krone, den Halbparasiten miteingeschlossen, in Beziehung, so ergibt sich, dass die Transpiration von *Rhizophora* etwa 40 - 50% der Evaporation der überdachten freien Wasserfläche ausmacht. Für *Avicennia* lässt sich eine solche Berechnungsweise schlecht anwenden; einmal ist die Krone sehr unregelmässig im Gegensatz zu *Rhizophora*, wo der untere Kronenrand annähernd einer Kreisfläche entspricht; zum andern aber steht *Avicennia* nicht über einer freien Wasseroberfläche.

Die vorhandenen Daten reichen für eine Berechnung des jährlichen Wasserhaushaltes noch nicht aus, jedoch werden die weiteren Untersuchungen mehr über die Wasserverhältnisse in der Mangrovezone aussagen zu können.

Diskussion

Die wiedergegebenen Tagesgänge der Transpiration für die drei untersuchten Pflanzenarten der Mangrovezone zeigen, dass die von VON FABER aufgestellte Behauptung, die Mangrovepflanzen gehörten in die Gruppe der Hygrophyten, falsch ist. Es lässt sich aus keinem der Tagesgänge eine direkte Beziehung der Transpiration zur Evaporation feststellen. Jedoch geht aus allen Messungen hervor, dass der Halbparasit wesentlich mehr transpiriert als der Wirt. Dieses Ergebniss stimmt recht gut überein mit Befunden wie sie VARESCI und PANNIER (1953) hatten bei Wasserhaushaltsuntersuchungen im Sekundärwaldgebiet Venezuelas. Bei ihren Studien über das Verhältnis parasitierender Lorantheen zu dem jeweiligen Wirt, konnten die Verfasser zeigen, dass der Halbparasit—und zwar das ganze Jahr über, also auch in der Trockenzeit—dem Wirt enorme Mengen an Wasser entzieht und weit mehr transpiriert als die Wirtspflanze. Inwieweit jahreszeitliche Unterschiede sich in der Mangrovezone auswirken kann hier im Augenblick nicht gesagt werden, doch sind Untersuchungen darüber bereits im Gange.

Die zweite Tatsache, die sich unmittelbar aus den Kurven ergibt, ist, dass *Rhizophora* täglich sehr wenig transpiriert. VON FABER schreibt, er habe die Beobachtung gemacht, dass *Rhizophora* eine höhere Transpirationsintensität besitze als Hygrophyten. Die Berechnung der relativen Transpiration ergab für alle Kurven immer einen Wert wie er für Xerophyten charakteristisch ist. Grundsätzlich davon sind die beiden anderen Pflanzentypengruppen unterschieden, deren relative Transpiration derjenigen von Mesophyten entspricht. Wir haben also in *Rhizophora* und *Avicennia* zwei verschiedene Typen emerser Wasserpflanzen vor uns. Es wird vermutet, dass der Grund für dieses unterschiedliche Verhalten in der Wasseraufnahme zu suchen ist. An *Avicennia* konnte in den frühen Morgenstunden (Nachtuntersuchungen fehlen) stets ein intensives Absalzen beobachtet werden, während *Rhizophora* einen derartigen Effekt nie zeigte. Ob diese Hypothese zutrifft werden weitere Untersuchungen, über Salzaufnahme und Wasserleitungsgeschwindigkeit in den Bäumen aufzeigen.

Zum Schluss seien noch die Berechnungen über die Bedeutung der Mangrovezone als zusätzliche wasserentziehende Kraft für ein offenstehendes Gewässer eingehender besprochen. Wie KIENDL (1953, 1954) an emersen Wasserpflanzengesellschaften zeigte, können Sumpfpflanzen wie *Phragmites communis*, *Glyceria aquatica*

und *Sparganium* als wasserentziehende Kraft für Gewässer von enormer ökologischer Bedeutung sein. Ihre Untersuchungen an Berliner Seen ergaben, dass die Wasserabgabe über 1 m^2 3 - 7 fach höher sein kann, als die Evaporation von 1 m^2 freier Wasserfläche. Unsere Werte ergaben für die tropische Buschmangrove an einem rein marinen Standort etwa 40 - 50% der Evaporation der entsprechenden Wasserfläche, wobei diese als die Fläche, die dem Kronenprojektion entspricht definiert war. Diese Zahlen liegen weit unter denen, wie sie bislang für litorale Pflanzengesellschaften aus gemässigten Zonen bekannt sind. Dabei ist bei einem Vergleich aber zu bedenken, dass es sich bei der Mangrove um immergrüne Pflanzen handelt, die im Gegensatz zu gemässigten Gebieten, wo sich die Vegetationsperiode auf wenige Monate im Jahr zusammendrängt, das ganze Jahr über den Wasserhaushalt der Landschaft beeinflussen. Inwieweit die Regenzeit die Verhältnisse verändert, müssen weitere Untersuchungen zeigen. Dann wird es möglich sein eine Jahresbilanz aufzustellen.

Zusammenfassung

Tagesgänge der Transpiration von *Rhizophora mangle*, *Struthanthus dichotrianthus*, und *Avicennia nitida* wurden in der Monaten Januar und März 1960 an einem rein marinen Standort an der Ostküste Venezuelas gemessen.

Es konnte gezeigt werden, dass *Rhizophora mangle* nicht in die ökologische Gruppe der Hygrophyten gehört, sondern ein Xerophyt ist; wie die Berechnung der relativen Transpiration zeigt.

Der auf *Rhizophora* wachsende Halbparasit, eine Loranthaceae, *Struthanthus dichotrianthus* gehört ebenso wie *Avicennia nitida* zu den Mesophyten.

Aus der Bestimmung der Blattoberfläche der einzelnen Pflanzenarten wurde die *Evaporation* als zusätzliche wasserentziehende Kraft berechnet. Es ergibt sich ein Wert von 40 - 50% zusätzlicher Evaporation einer freien Wasseroberfläche in der litoralen Mangrovezone.

Die Definition dieser freien Wasserfläche entspricht der Kronenprojektion.

Die Berechnung der Jahresbilanz im Zusammenhang mit weiteren Untersuchungen während der Regenzeit ist geplant.

An dieser Stelle möchte ich meinen herzlichen Dank meiner Kollegin Lic. Evelin Zoppi aussprechen, die mir bei einem Grossteil der Freilandarbeiten behilflich war.

LITERATUR

VON FABER, F. C.

1913. Über die Transpiration und osmotischen Druck bei Mangroven.
Ber. dtsh. Bot. Ges. 31, 277-281.
1923. Zur Physiologie der Mangroven
ebenda, 41, 227-234.

GESSNER, F.

1959. Hydrobotanik II
Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.

KIENDL, J.

1953. Zum Wasserhaushalt des *Phragmitetum communis* und des *Glycerietum aquaticae*.
Ber. dtsh. Bot. Ges. 66, 245.
1954. Zur Transpirationsmessung an Sumpf- und Wasserpflanzen.
Ber. dtsh. Bot. Ges. 67, 243.

VARESCHI, V. und PANNIER, F.

1953. Sobre la Economía del Agua de Lorantaceas tropicales en su Ambiente natural.
Acta Biol. Venezuelica 1. Art. 10, 159-179.

WALTER, H.

1951. Grundlagen der Pflanzenverbreitung III
Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

WALTER, H. und STEINER, M.

- 1936-37. Die ökologie der Ost-Afrikanischen Mangroven.
Ztsch. Bot. 30, 65-193.

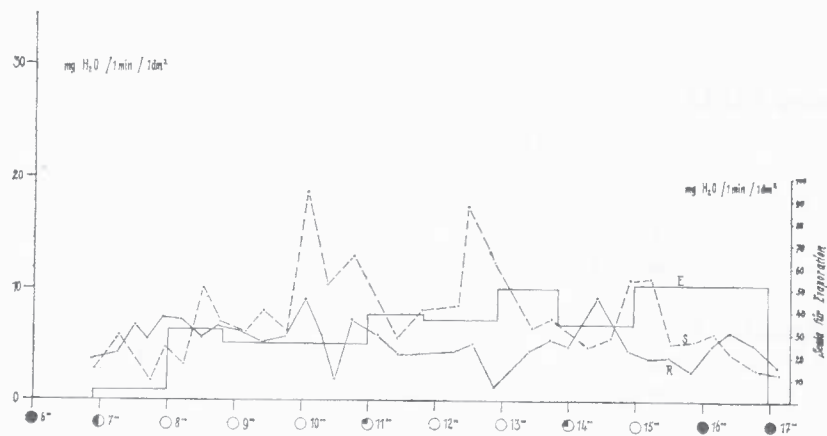


Abb. 1: Tagesverlauf der Transpiration von *Rhizophora mangle* (R) und *Struthanthus dichotrianthus* (S); Evaporation (E). Januar 1960.

Fig. 1: Transpiración diaria de *Rhizophora mangle* (R) y *Struthanthus dichotrianthus* (S); Evaporación (E). Enero 1960.

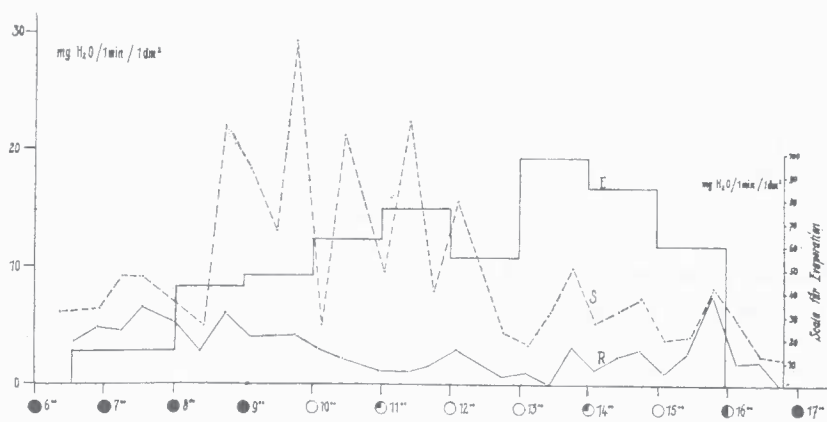


Abb. 2: wie Abb. 1, März 1960.

Fig. 2: como Fig. 1, marzo 1960.



Abb. 3: Tagesverlauf der Transpiration von *Avicennia nitida* (A); Evaporation (E).
März 1960.

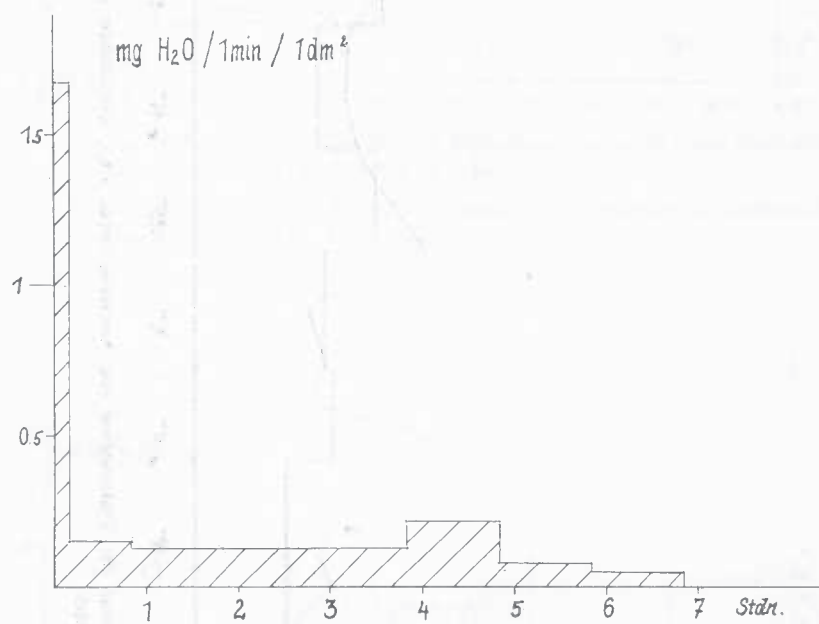


Abb. 4: Wasserabgabe abgeschnittener Blätter von *Rhizophora mangle* im Laboratorium.

Fig. 4: Pérdida del agua de las hojas cortadas de *Rhizophora mangle* en el laboratorio.

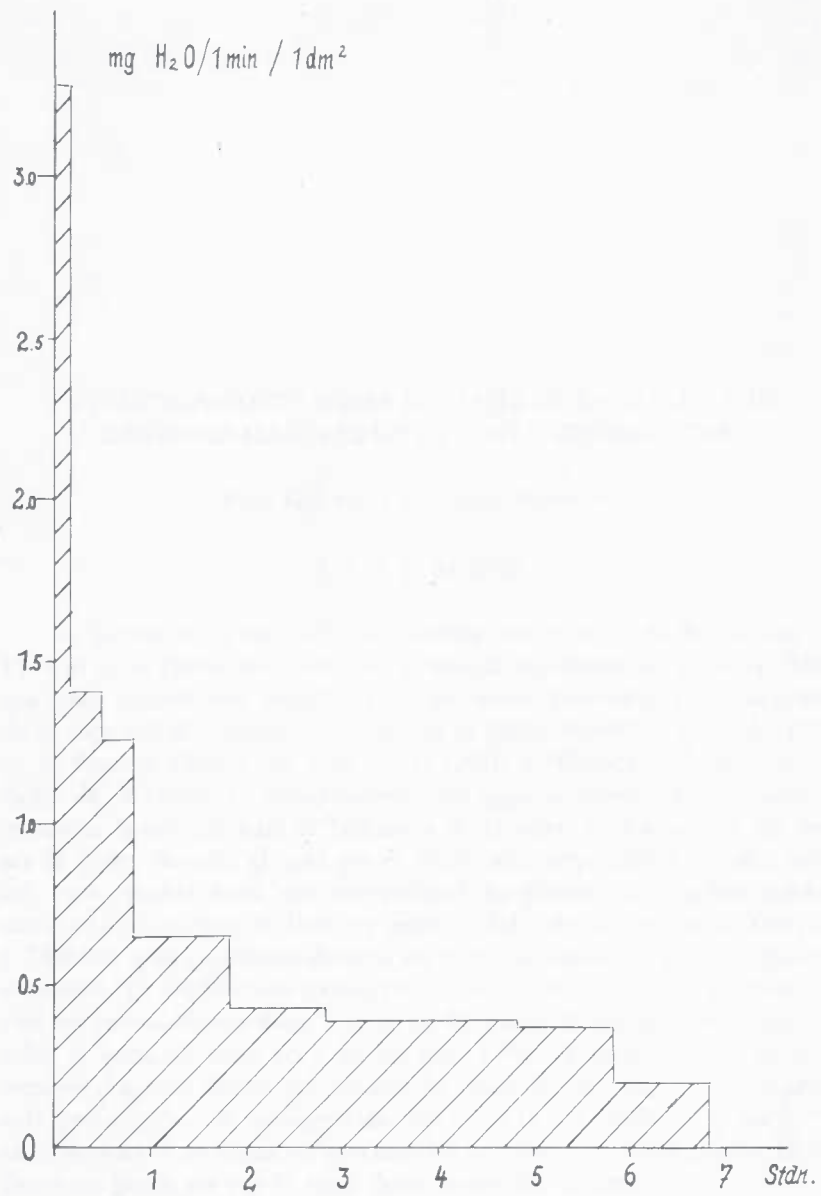


Abb. 5: Wasserabgabe abgeschnittener Blätter von *Avicennia nitida* im Laboratorium.
 Fig. 5: Pérdida del agua de las hojas cortadas de *Avicennia nitida* en el laboratorio.

