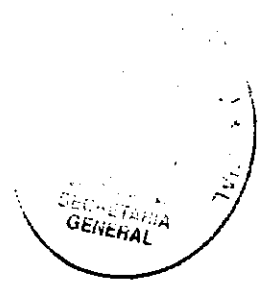


UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

"FRANCISCO MORAZAN"



ESCUELA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES

UN MODELO PARA LA ENSEÑANZA DE LA COMPETENCIA,
ALELOPATIA Y SUCESION ECOLOGICA ENTRE
EL PINUS SP Y QUERCUS SP.

PRESENTADO POR:

ALVIN SANTIAGO URROZ BACA

PEDRO JOAQUIN MOLINA MONCADA

PREVIA OPCION AL TITULO DE:

PROFESORES DE EDUCACION MEDIA
CON ESPECIALIDAD EN CIENCIAS NATURALES

ASESORES:

LIC. WILBERTO AGUILAR NOLASCO

LIC. JULIA ANGELICA DE ZELAYA

TEGUCIGALPA, M.D.C.

HONDURAS, C.A.

MAYO, 1991

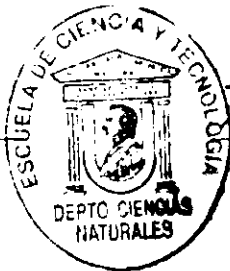
UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL

"FRANCISCO MORAZAN"

UN MODELO PARA LA ENSEÑANZA DE LA COMPETENCIA,
ALELOPATIA Y SUCESION ECOLOGICA ENTRE
EL PINUS SP Y QUERCUS SP

TRABAJO DE INVESTIGACION APROBADO POR:

Jas de la Cruz
Asesor Técnico



Miguelito Pineda
Asesor Académico

Examinador

Examinador

Examinador

TEGUCIGALPA, M.D.C.

HONDURAS, C.A.

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO

Señor:

Tu que iluminastes nuestro camino para llegar a la meta
anhelada, guíanos siempre para desempeñar con dignidad la
labor que hicistes a tú paso por la tierra.

Al esfuerzo de nuestros padres y a la abnegación de nuestras
madres, rendimos este homenaje por la herencia que nos legan.

Con cariño a nuestros hermanos, hermanas y demás familiares.

Con respeto y estima al Dr. Ricardo Víctor Maldonado y a nuestros
Asesores el Lic. Wilberto Aguilar y la Lic. Julia Angélica de
Zelaya, cuya labor fue meritoria.

A nuestros amigos y amigas y a usted en especial.

INDICE

<u>CAPITULO I</u>	<u>Pag. No.</u>
Introducción	1 - 5
Planteamiento del Problema	6 - 10
Justificación	11 - 13
Objetivos	14
 <u>CAPITULO II</u>	
Marco Teórico	15 - 24
Definición de Términos	25 - 27
 <u>CAPITULO III</u>	
Metodología	28 - 31
 <u>CAPITULO IV</u>	
Análisis de Datos	32 - 44
 <u>CAPITULO V</u>	
Aplicación y Desarrollo de Módulos	
<u>Módulo No. 1:</u>	
El pH como Factor físico en Estudios Ecológicos	45 - 50
 <u>Actividad No. 1:</u>	
Medición Cualitativa y Comparativa del pH de Soluciones	51 - 56
 <u>Actividad No. 2:</u>	
Cálculos de pH utilizando Logaritmos Comunes	57 - 63
 <u>Actividad No. 3:</u>	
El pH y sus Efectos en la Vegetación	63 - 69
 <u>Módulo No. 2:</u>	
La Competencia Interespecífica como Factor Limitante en la Distribución de las Plantas	70 - 73
 <u>Actividad No. 1:</u>	
Análisis de Vegetación en Areas con Competencia Superpuesta y Competencia Abierta	73 - 76

<u>Actividad No. 2:</u> Extrapolación de Areas de Sombra como Factor de Competencia	76 - 84
<u>Módulo No. 3:</u> La Sucesión Ecológica en algunas plantas	85 - 86
<u>Actividad No. 1:</u> Sucesión sobre un Porta-Objetos	87 - 88
<u>Actividad No. 2:</u> Sucesión en un Terreno cubierto por Hierbas	89 - 90
<u>Módulo No. 4:</u> Proceso Alelopático entre plantas de Arroz y Frijol	91 - 96
<u>Módulo No. 5:</u> El Factor pH en la Interacción Pinus-Quercus como un caso de Competencia, Alelopatía y Sucesión	97 - 108
Validez de los Módulos	109
Conclusiones	110 - 111
Anexos:	
No. 1: El Módulo en la Enseñanza	113 - 120
No. 2: Sugerencias Metodológicas del uso de los Módulos	121 - 122
No. 3: Logaritmos Comunes	123
No. 4: Tangente Natural	124
No. 5: Funciones Trigonométricas	125
No. 6: Fotos del Terreno de Trabajo	126 - 128
Bibliografía	129 -130

CAPITULO I

INTRODUCCION

Honduras cuenta, según reportes de la OTS¹, de sus 112,088 kilómetros cuadrados, con un área de 3,797,000 hectáreas (37,970 km²)² de bosques. Aproximadamente 2,500,000 hectáreas (25,000 km²) son bosques de pino y las 1,300,000 hectáreas restantes (13,000 km²) son bosques latifoliados o de hoja ancha.

Dentro de los bosques hondureños de pino, existe una asociación vegetal de pino y roble o de pino y encino, que se puede denominar según los géneros involucrados como: Asociación de Pinus-Quercus.

La asociación Pinus-Quercus muestra con claridad una competencia directa con desplazamiento por alelopatía, ya sea en pequeñas parcelas o en extensiones mayores con estos dos géneros.

Las parcelas de bosque mixto Pinus-Quercus son ejemplos claros del proceso biológico de competencia y sucesión entre ellas, así como alelopatía del Quercus, hasta llegar en varios años a establecer la comunidad clímax de robles o encinos.

¹ Organization for Tropical Studies - Costa Rica en: Sistemas Agroforestales. 1,986.

² Un kilómetro cuadrado (Km²) = 100 hectáreas.
Una hectárea (Ha.) = Área de cien metros por cien metros.

Por la abundancia y claridad de este proceso biológico, se ha seleccionado este trabajo enfocado a los dos géneros, realizado en parcelas donde dominan los pinos y los robles están en franco proceso de competencia, sucesión y manifestando su alelopatía.

El interés por el estudio de este proceso biológico de los pinos con los robles o encinos, tiene una triple dimensión por ser un ejemplo apropiado para utilizar la naturaleza real y concreta en la enseñanza dinámica de la Biología y las Ciencias Naturales con propósitos de educar y concientizar al estudiante sobre aspectos ecológicos valorativos o de toma de conciencia de problemas ambientales que de manera sutil y lenta se presentan en la naturaleza en cualquier parte del país.

La triple dimensión de éste proceso biológico radica en:

1. Una oportunidad presente en todo el país para estudiar el proceso biológico y ecológico de la competencia, la sucesión y la alelopatía de especies a través de los años: Esta dimensión del estudio generará conocimiento científico observable al estudiante de secundaria en un laboratorio dinámico como lo es la naturaleza.
2. La segunda dimensión es la importancia económica que los bosques de pino tienen para nuestro país, pues son ellos la mayor fuente de madera, tanto para uso local como para exportación sea madera semi-procesada o productos terminados.
3. La tercera dimensión derivada del estudio del proceso

biológico de competencia, alelopatía y sucesión de Quercus con Pinus radica en la importancia social que tienen tanto los robles como los pinos, por ser fuente de energía, como leña para cocinar en los hogares de nuestros campesinos así como en gran medida en áreas urbanas, donde la leña, sea de roble, encino o pino, es fuente de energía doméstica y en la producción de pan.

En el uso de los pinos, robles y encinos existe preferencia por los dos últimos por su mayor capacidad calorífica, pero por el costo, el pino es el sustituto más barato y más fácil de obtener.

El valor del estudio de los robles, encinos y pinos ya sea aislados o dentro del proceso natural de competencia, sucesión o alelopatía tiene para nosotros y para los profesores de Ciencias Naturales un aporte al conocimiento científico, siendo base para elaborar medios y maneras de enseñar Ciencias y Biología tomando la Naturaleza como el laboratorio y fundamentalmente lleva a cumplir con el compromiso de proporcionar una educación ambiental fundamentada y globalizada donde el estudiante llegue a considerar la Ecología como el instrumento idóneo para entender los procesos naturales que son, además de biológicos, procesos con derivaciones y consecuencias económicas y sociales.

Hoy en día, el estudio, el conocimiento y la concientización ambiental sobre el valor de nuestros bosques es necesario e impostergable, puesto que por diversas razones y por diversos estudios ya se plantea que Honduras, es un país dirigido a la

desaparición de sus bosques, en el lapso que queda para llegar al año 2,000.

En pueblos y ciudades la leña es ya un artículo escaso. La demanda de leña crece cada día en las ciudades por razones del precio y de otros energéticos. En las áreas urbanas se consume grandes cantidades de leña en la elaboración de pan, producto básico en la alimentación de la población.

El interés como educadores en el estudio de los procesos ecológicos es tomar la totalidad de la dimensión ambiental de los pinos, robles y encinos para generar material didáctico y actividades modulares que induzcan al entendimiento, análisis y evaluación de la competencia, la alelopatía y la sucesión ecológica. La muestra que se presenta es replicable, modificable y con potencial de enriquecimiento.

Se espera que el aporte con informaciones, datos, ejemplos y procedimientos sirva como generador de acciones de estudio e ideas para profundizar en el análisis de la crisis ecológica de los representantes de nuestros bosques que conllevan valor económico y energético y lograr un entendimiento globalizado de nuestra ecología y de nuestra condición ambiental. Se considera que por razón de contenidos programáticos las acciones y actividades derivadas de este trabajo se estiman más apropiadas para el programa de Biología de Segundo Curso de Bachillerato, pero no se restringe esta condición actual, sino que se plantean como aplicables a cualquier curso de Educación Media de Honduras y para cualquier futura incorporación de Estudios Ambientales en

Ciencias Naturales, sean Ciencias Generales, Biología o Ecología.

Para realizar el estudio se escogió una parcela con muestras evidentes de competencia, alelopatía y sucesión ecológica, ubicada a 7 kilómetros de la Colonia Kennedy en la carretera a Danlí, donde se presentan los tres estadios de nuestro interés.

Un bosque puro de pino, un bosque mixto de pino y roble en proceso de competencia, alelopatía y sucesión y un bosque donde ya el roble ha desplazado a los pinos.

Esta condición es fácil encontrarla en cualquier otro rumbo que se tome de Tegucigalpa: Yendo a Mateo y Las Tapias; saliendo para el Sur; para el Norte y para Olancho; así como en casi cualquier lugar de Honduras. La variante será la especie del Pinus y la especie del Quercus que puede ser en algunos casos: Pinus oocarpa-roble, Pinus oocarpa-encino, Pinos maximinoi-roble, Pinus maximinoi-encino, como generalidad, pero el conjunto de los procesos son los mismos; por esta condición consideramos que la replicabilidad de las observaciones y datos es factible y la metodología por ser sencilla, permite darle seguimiento y el proceso final entendible, lo cual es el fundamento y la meta de enseñar Ciencias Naturales en cualquier nivel que se realice y en cualquier rama de especialidad: Botánica, Ecología, o Ciencias Naturales básicas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

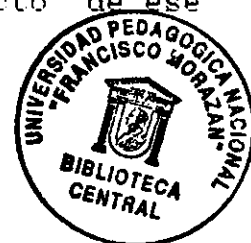
Los seres vivos no viven solos en la naturaleza, sino que están en constante interacción unos con otros y con los componentes abióticos del lugar donde viven.

En esta interacción algunos individuos obtienen beneficios de los otros seres vivos y de los componentes abióticos; pero existen especies que reciben efectos desfavorables o se ven afectados por la presencia de otras especies con las cuales comparten el mismo hábitat. Las acciones favorables o desfavorables de una especie sobre otra, son en realidad procesos de relación que limitan la distribución y abundancia de ambas especies, por lo cual, el beneficio o el daño es un calificativo relativo al investigador y no a la especie.

El estudio de los efectos que limitan la distribución y abundancia de especies animales y vegetales en el mundo ha sido un campo de estudio para muchos seguidores de la Ecología de poblaciones. El interés ha sido mayor en los estudios con plantas, llegando a establecerse como campo particular de estudio la Ecología de la producción de plantas y la Ecología de los productos vegetales. Se ha observado en este campo, que la existencia de una acción desfavorable de unas plantas sobre otras ha dado como resultado la pérdida de algunos productos vegetales y en casos de mayor importancia la pérdida de la capacidad de algunas plantas de existir en un determinado hábitat, por el

hecho de haber efectos desfavorables generados por plantaciones anteriores de las mismas especies o por la existencia simultánea de plantas que eliminan la presencia de otras. En los estudios o investigaciones, de este efecto ecológico entre dos especies vegetales se le llama **alelopatía** y se comenzó a explicar como el hecho donde las plantas producían "venenos", "antibióticos", o "agentes limitantes", llegándose a considerar que las secreciones tóxicas de las plantas eran quizá "la enfermedad del siglo" por haber existido ya una plantación idéntica en el sitio o porque la existencia de una especie enfermaba el suelo y lo hacía inapropiado para una segunda especie. (Brock 1966).

Desde el siglo XIX se observó que cuando en los campos de cultivo se mantenía de manera continua un predio con un mismo tipo de planta, disminuían las cosechas y no era factible incrementarlas con el agregado de fertilizantes, eliminando así la explicación aceptada que las plantas bajaban la fertilidad y por ello la segunda plantación no rendía. De Candole (reportado por Brock) planteó en 1,832, que los efectos deteriorantes del monocultivo podrían vincularse con secreciones tóxicas de las raíces de las plantas. En 1,917 Pickering (reportado por Krebs, 1,978) identificó algunos casos de este tipo de efectos entre los pastos y los manzanos y por ello, como experimento de carácter general, plantó manzanos y pastos con tres variables de riego, con el fin de demostrar que las secreciones tóxicas eran producidas por las raíces y el agua del riego las llevaría a cualquier otro punto donde se demostraba el efecto de ese



producto dañino. Las variables utilizadas fueron

1. El pasto y los manzanos recibieron agua directamente;
2. Los manzanos recibieron agua de manera indirecta, después que pasara por una siembra de pasto, y
3. Los manzanos recibieron agua de manera indirecta después de haber pasado por un suelo sin pasto.

El resultado del experimento fue que los manzanos crecieron menos cuando el agua les llegó de manera indirecta después de pasar por una siembra de pasto, dirigiendo las conclusiones hacia un efecto nocivo del pasto sobre los manzanos.

Después de los experimentos de Pickering, se aumentaron las observaciones y experimentos sobre los efectos de una serie de plantas sobre otras llegando a observarse que había varias relaciones de alelopatía entre especies vegetales diferentes, así como entre la misma especie cuando las edades de las plantas eran diferentes. Entre los experimentos más destacados están los de Massey que relacionó el efecto tóxico de los nogales y la alfalfa, y los trabajos de Brooks entre los nogales y maíz (Brooks 1,966).³

En Honduras ha existido una relación de desplazamiento entre dos especies de importancia económica y social como lo son los pinos y los robles o encinos, en donde el roble o el encino eventualmente desplaza la población joven de pino e impiden que las nuevas plántulas de pino se establezcan compartiendo el mismo

³ Krebs, Charles J. Ecología. Estudio de la Distribución y Abundancia. México. Editorial Harla. 1,986

hábitat..

El estudio de la Ecología plantea, además de problemas estrictamente biológicos, el entendimiento de situaciones con impacto económico y social. En la escuela secundaria de Honduras al cubrir temas de Ecología, la competencia o la alelopatía son fáciles de demostrar en cualquier lugar del país, por lo cual, este enfoque de estudiar la relación pino-roble cumpliría la misión de entender de manera dinámica un proceso ecológico y encontrar el impacto económico y social de la relación pino-roble-encino con la necesidad social de energía derivada del encino y el roble y la necesidad económica de las plantaciones de pino para aprovechamiento forestal local y de exportación. La competencia, la alelopatía y el desplazamiento de las zonas de pino por zonas de roble y la necesidad de utilizar la naturaleza para la enseñanza y aprendizaje de la Ecología hace que este estudio sirva de base para elaborar módulos de enseñanza de las relaciones de competencia, alelopatía y desplazamiento, elaborando actividades que se pueden realizar en la naturaleza, con procesos dinámicos observables de sustitución y aprender así la importancia del manejo de especies de acuerdo con la conveniencia y la necesidad local y nacional.

Por lo anterior, el problema se orienta a dar una respuesta mediante la enseñanza y aprendizaje de la Ecología en los siguientes campos:

1. Tipo de relación se da entre los pinares y los robledales de Honduras

2. Por qué los robles y los encinos desplazan a los pinos?
3. Cómo puede enseñarse la relación ecológica entre especies vegetales en la escuela secundaria de Honduras, utilizando ejemplos locales?

J U S T I F I C A C I O N

Honduras es un país caracterizado por sus grandes extensiones de bosque. Aproximadamente dos tercios de estos bosques son de Pino y el otro tercio es de bosque latifoliado. El Pino por sus múltiples formas de utilización desempeña un papel muy importante en la economía del país.

Igualmente, los Quercus son un recurso energético de gran valor para la población de escasos recursos y es utilizado también como energético en la elaboración de productos alimenticios en pequeña o gran escala. Estos géneros vegetales se encuentran en una situación de competencia, alelopatía y sucesión cuando están en un ambiente en el cual escasea algún elemento importante para ellos; entonces, la abundancia y distribución del pino encuentra una serie de factores adversos estando entre ellos la competencia con el roble, seguido de sucesiones continuas hasta llegar a la alelopatía y finalmente al desplazamiento del pino por el roble.

Cuando estos dos géneros compiten por recursos, uno de ellos siempre obtendrá resultados más satisfactorios en la ocupación y utilización del recurso que escasea. A largo plazo la población de una de los dos géneros disminuirá y finalmente desaparecerá del área.

Comprendiendo la importancia que presentan los géneros Pinus y Quercus, para la población y el país, se ha estimado como una necesidad prioritaria realizar una investigación que enfoque esta

situación y que ayude a valorar y preservar ambas especies mediante la enseñanza de los procesos ecológicos in situ, haciendo la ciencia y el conocimiento fácilmente adquirible por los estudiantes y relacionado de manera práctica con las situaciones naturales que ocurren en pinares y robledales de todo el país.

Como profesores de Ciencias Naturales, se considera necesario hacer que los conocimientos científicos sean aprendidos, analizados y evaluados en el terreno, utilizando el laboratorio abierto de la naturaleza y haciendo práctico y valorable el estudio de eventos naturales que ocurren alrededor; se considera que el estudio de la situación ecológica reviste importancia para valorar lo nuestro y poder explicar como profesionales el por qué de los procesos y de los eventos como ser la sustitución de muchos de nuestros pinares por robledales.

El coleccionar información ayuda a transferir esos datos a situaciones de aprendizaje que al igual que el módulo de enseñanza lleva a los educandos al entendimiento escalonado de los procesos biológicos.

En este trabajo se ha considerado que la obtención de datos y el análisis de cada parámetro y de las informaciones son ya parte del proceso de aprendizaje de la ciencia. El módulo es además de una ampliación de la información, un uso de los datos, en condiciones estructurales, para llevar la enseñanza a otros estadios del proceso aprender, más allá del conocimiento puro e idealmente llegar como educadores en Ciencias Naturales a la

comprensión, el análisis y de manera óptima y esperable a la evaluación de los fenómenos naturales: sus causas y consecuencias.

El módulo como actividad y método de enseñanza estructurado ha sido tomado como un fin, por considerar que las actividades y procedimientos dirigen al estudiante a encontrar el valor de los conceptos básicos que debe alcanzar el desarrollar el módulo.

OBJETIVOS

El presente trabajo está dirigido a servir de base para la estructuración de módulos para enseñar principios de Ecología de manera participativa en la Escuela Secundaria y tiene los siguientes objetivos:

1. Analizar el factor pH la competencia y desplazamiento entre las plantas de Pinus sp y Quercus sp.
2. Aportar conocimientos científicos válidos para la enseñanza de la Ecología en la Educación Media de Honduras, particularmente en los temas de competencia, alelopatía y desplazamiento, basados en el Ph como aporte a la estructura de la distribución de especies en cualquier predio.
3. Elaborar módulos que sirvan de prototipo para la enseñanza de la Ecología en Honduras, incluyendo los componentes económicos y sociales de las Ciencias Ambientales.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

En la interacción en que se ven involucrados los seres vivientes sobre la faz de la tierra, unos obtendrán condiciones favorables y saldrán beneficiados y otros ante condiciones adversas o desfavorables saldrán perjudicados.

Debido a que las plantas son seres vivos carentes de locomoción, presentan características especiales para adaptarse, competir e interactuar con otras plantas, particularmente por espacio, nutrientes, luz y humedad.

El ambiente, constituido por todos los organismos vivos y las cosas no vivientes que rodean a un organismo, influye en el comportamiento y distribución de las plantas. No todas las especies toleran de igual manera los distintos factores que el ambiente le presenta; humedad, temperatura, luz, tipo de suelo y presencia de otros organismos vivos.⁴

La estructura y el contenido de nutrientes del suelo es importante para las plantas, debido a las complejas relaciones existentes entre el clima, suelo y vegetación; lo cual hace difícil separar las causas y los efectos en la distribución

⁴ Weier, T. Elliot y Otros. Botánica. México. Editorial Lumusa. 1,983.



espacial de las plantas. El suelo resulta afectado por la vegetación que crece en él, y a su vez ejerce influencia sobre la vegetación. La mayor parte de las especies de plantas son tolerantes a muy diversos tipos de suelos, por lo cual, la diversidad de suelos no es una limitante significativa para la distribución de las plantas.⁵

En general, la naturaleza de una comunidad forestal determinada, está gobernada por la interacción de tres grupos de factores:

1. La localización o hábitat, disponible para el crecimiento vegetal;
2. Las plantas y animales que se encuentran para colonizar y ocupar esta localización o hábitat. y
3. Los cambios en la localización y la biota durante un período que está influido por el cambio estacional de las variaciones del clima, los suelos, la vegetación y los animales, en otras palabras, la historia de este hábitat.⁶

Los suelos son el medio natural en que crecen las raíces de la mayoría de la plantas. Del suelo las plantas absorben agua y solutos que necesitan para su crecimiento continuo.⁷

Los suelos extremadamente pobres en nutrientes son los que tienen pH aproximado de 4.5 - 5.5. Los bosques de suelos pobres

⁵ Krebs, Charles J. Op. Cit.

⁶ Stephen H. Spurr-Burton V. Barnes. Forest Ecology. N.Y. J. Willey. 1,980.

⁷ Weier, T. Elliot y Otros. Op. Cit.

toman los nutrientes necesarios que están contenidos en los fitomas de las hojas, las cuales mueren y son rápidamente mineralizadas y los alimentos nutricionales pueden ser tomados inmediatamente por la raíz.⁸

En los primeros días de la Ecología Vegetal se creía que el pH del suelo era uno de los factores primordiales que ejercían influencia en la distribución de las plantas, pero ahora se le concede menor importancia.

Algunas plantas tienen requerimiento de pH estricto, al tiempo que otras son tolerantes de pH más amplio.⁹

La profundidad del suelo disponible a las raíces es más importante que la fertilidad.

Un factor importante en la distribución de organismos es la complejidad de características geográficas, que en ciertos casos actúan de forma favorable y en otros de forma adversa.

La edad de la especie también es un factor significativo en la extensión de su hábitat, ya que una especie cuyo origen se remonta a miles o millones de años ha tenido más tiempo para extenderse que otra originada hace menos tiempo. Esta correlación entre edad y área, que ha sido ampliamente estudiada en los vegetales es, sin embargo, muy relativa, ya que sólo tendrá valor en igualdad de otras condiciones, como morfología

⁸ Walter Heinrich. Vegetation of the Earth. In relation to climate and ecophysiological condition. U.S.A. Editorial Verlag. N.Y. 1,973

⁹ Krebs, J. Charles. Op. Cit.

del suelo, adaptación de la especie a condiciones de tensión, etc..

Por otra parte, hay especies antiguas cuyas áreas se han reducido por envejecimiento o por competencia con otras taxas que aunque sean más jóvenes, son más agresivas.¹⁰

La distribución en el tiempo de las precipitaciones pluviales es tan importante para el crecimiento de las plantas como la cantidad de lluvia anual total.

Las plantas absorben rocío y también utilizan la neblina; esta última la condensan en grandes gotas.¹¹

La temperatura influye en la humedad disponible. En la distribución de las plantas, los breves períodos de temperatura extrema, influyen más que los largos períodos de temperatura moderada.

La disponibilidad de agua es la clave de los efectos de la humedad en las plantas y tiene lugar la sequía cuando no está presente o disponible para los vegetales el volumen suficiente del vital líquido, como mecanismo de adaptación la planta "desarrolla":

1. Mejoramiento de la absorción de agua por parte de las raíces.
2. Disminución de las pérdidas de agua por cierre de los estomas, disminución de la respiración cuticular y la

¹⁰ Cabrea, Angel L. Monografía No. 13. Washintong, D.C. Editorial Eva V. Chesneau. 1,980.

¹¹ Weier, T. Elliot y Otros. Op. Cit.

superficie de las hojas.

3. Almacenamiento de agua.

Es difícil medir directamente el equilibrio líquido de las plantas, por lo que los botánicos usualmente lo evalúan con base en la medición del contenido de agua en sus tejidos. Las hojas son particularmente sensibles, ya que la mayor parte de la evaporación tiene lugar en ellas y cabe señalar que las diversas especies de vegetales varían en cuanto a su facultad para soportar la escasez de agua. La topografía influye de forma considerable en la temperatura del suelo y del aire.¹²

El fuego es un factor catastrófico de gran influencia en la vegetación. Los efectos del fuego varían de acuerdo con la severidad del incendio, la naturaleza de la comunidad vegetal y su hábitat.¹³

Hay pruebas de que muchos tipos de vegetación, incluyendo los pastizales, los chaparrales y los bosques de coníferas, deben su distribución y su estructura de comunidad, en gran medida a los incendios.¹⁴

La energía que hace posible el crecimiento de los árboles y otras plantas proviene directa o indirectamente del sol. Así, la naturaleza y la cantidad de radiación recibida sobre la superficie de la tierra afectará la distribución y el crecimiento

¹² Weier, T. Elliot y Otros. Op. Cit.

¹³ Idem

¹⁴ Cronquist, Arthur. Botánica Básica. México. Editorial CECSA. 1,986.

del bosque. La fotosíntesis siendo una reacción que toma lugar sólo en la presencia de la luz, está afectada obviamente por la cantidad y la calidad de la luz recibida. Además, la estructura, el crecimiento e incluso la supervivencia del árbol son afectados en varias formas por el factor iluminación

Las duraciones relativas del día y la noche también son frecuentemente factores primordiales al determinar qué planta puede prosperar mejor en un determinado medio. La radiación solar gobierna en última instancia la temperatura del aire y determina, por lo tanto, indirectamente, las condiciones térmicas alrededor y dentro de la planta.¹⁵

La intensidad lumínica del suelo de un bosque puede ser de sólo el 1 al 5% de la del campo abierto.

La exposición a la luz puede ser tan importante para algunas plantas en calidad, como puede para otras ser valiosa una exposición a largo plazo.

Las hojas de las plantas que se desarrollan a la sombra son diferentes de las que se desarrollan a campo abierto, aún cuando formen parte de una misma planta.¹⁶ Las diferencias son anatómicas, morfológicas y fisiológicas. Las hojas expuestas al sol son más pequeñas, más gruesas y tienen mayor nervosidad, son más xeromórficas que las que pertenecen a un lugar sombreado.

Kramer y Decker compararon los índices de fotosíntesis de

¹⁵ Stephen H. Spurr-Burton V. Barnes. Op. Cit.

¹⁶ Cronquist, Arthur. Op. Cit.

diversas plantas de pino y roble, bajo diversas condiciones de luz.

Los índices del roble fueron más elevados bajo todas las condiciones de luz. El roble utiliza una tercera parte de la luz solar comparada con la luz solar utilizada por el pino.¹⁷

La posibilidad del desplazamiento ha dado origen al principio de exclusión competitivo, el cual afirma que no pueden existir los competidores completos.¹⁸

Cuando los árboles ocupan la misma localización en estrecha proximidad, inevitablemente entran en competencia por las mismas necesidades vitales. La presencia de uno afectará la vida del otro, ya que cada uno es parte del mismo hábitat.

El bosque nunca está estático, continuamente cambia de posición, estructura y carácter general; el bosque varía no sólo en el tiempo, sino también en el espacio.¹⁹

Como estrategia evolutiva de desplazamiento algunas plantas y entre ellas los Quercus producen venenos en sus raíces para desplazar o eliminar otras especies. Esta estrategia se llama alelopatía. En Honduras, la mayor parte de los bosques son de pino existiendo ocho especies principales.

El Pinus Oocarpa es el más común y de mayor importancia comercial. El 66% de los pinares del país equivalen a 1.8 millones de hectáteras es de Pinus Oocarpa.

¹⁷ Krebs, Charles J. Op. Cit.

¹⁸ Krebs, Charles J. Op. Cit.

¹⁹ Stephen H. Spurr-Burton V. Barnes. Op. Cit.



El árbol de pino llega normalmente a medir 30 metros de altura, no tolera suelos de mal drenaje, pero puede llegar a un tamaño comercial en suelos superficiales de 30 cm. de profundidad.²⁰

En la mayoría de los bosques la densidad de árboles de mayor edad es rala, posiblemente por razón de competencia entre sus raíces. Pero aún en suelos pobres con profundidad menor de 30 cm., los árboles pueden alcanzar alturas de 20 metros o más.

El pino es intolerante a suelos con pH alto y normalmente en condiciones naturales, no se encuentra en suelos derivados de cal, ni tampoco tolera suelos que tengan una combinación de poca profundidad y mal drenaje.²¹

El óptimo crecimiento se obtiene en suelos con buen drenaje interno y profundidades de dos metros o más, en estos sitios forma una raíz pivotante, larga y gruesa. Sin embargo, puede crecer moderadamente en suelos de poca profundidad o en suelos saturados. En estas condiciones el árbol produce raíces laterales que se extienden a grandes distancias fuera del radio de la copa.²²

Es importante hacer notar que las copas de los árboles maduros llegan raramente a formar una condición cerrada,

²⁰ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. RECONOCIMIENTO DE LOS BOSQUES DE PINO.

²¹ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Op. Cit.

²² Idem

presentándose la misma únicamente en los mejores sitios, en los suelos donde la profundidad disponible está limitada por drenaje. La densidad de los árboles maduros es muy rala, probablemente debido a la competencia entre raíces o alelopatía entre la misma especie. Raramente podemos encontrar pinares naturales en suelos con una copa impermeable a 100 cm. de la superficie y los árboles plantados en tales sitios crecen lentamente y son susceptibles al ataque de las plagas y enfermedades. Los pinos pueden crecer bien en suelos casi sin Nitrógeno y se ha encontrado que la adición de abonos nitrogenados a tales suelos, muy raramente es beneficioso.²³

La mayoría de las especies de pino son exigentes de luz, pero al primer año pueden tolerar hasta un 50% de sombra.

El pino muestra buen comportamiento en cualquier clima húmedo tropical.

Cálculos exactos han revelado que en lo húmedo y climas moderados los Quercus sp son capaces de competir bajo condiciones de clima y hábitat. En los despeñaderos o superficies con piedra muy inclinadas bajo el mismo clima, los Quercus no son capaces de competir con el pino.²⁴

El índice de hojas por área de Quercus sp es de cinco, en años húmedos, y con un buen abastecimiento de agua puede exceder

²³ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Op. Cit.

²⁴ Walter Heinrich. Op. Cit.

de ocho.²⁵

Los Quercus sean robles o encinos han llegado a mostrar como estrategia de desplazamiento del pino la alelopatía, lo cual consiste en producir sustancias químicas que actúan como "veneno" para otras plantas.

²⁵ Walter Heinrich. Op. Cit.

DEFINICION DE TERMINOS

- Ambiente: Es el que está constituido por todos los organismos vivos y las cosas no vivientes que la rodean.
- Clímax: Sistema natural que representa el fin o el ápice de una sucesión ecológica.
- Clima: Es el factor más importante en la distribución de las plantas.
- Competencia: Interacción en la cual dos o más organismos tratan de obtener el control de un recurso limitado.
- Competencia por Recursos: Tiene lugar cuando varios organismos de una o más especies utilizan un mismo recurso que es escaso.
- Competencia Intraespecífica: Ocurre entre individuos de la misma especie.
- Competencia Interespecífica: Toma lugar con individuos de especies diferentes (dos o más especies).
- Bioma: Grupo de ecosistemas que se caracterizan por presentar clima y vegetación semejantes.
- Ecología: Estudio de las interrelaciones de animales y plantas. Estudio científico de las interacciones que regulan la distribución y abundancia de los organismos.

- **Fotosíntesis:** Proceso por el cual las plantas que utilizan clorofila emplean la energía del Sol para convertir el dióxido de Carbono y el agua en azúcares.
- **Hábitat:** Area donde un animal vive y obtiene su alimento.
- **Ion:** Atomo o grupos de átomos que llevan una carga electrónica.
- **Lixiviación:** Extracción de los componentes solubles de una masa de material por medio del agua.
- **Alelopatía:** Influencia de las plantas entre sí, excluyendo a los microorganismos que resultan del producto del metabolismo.
- **Sucesión:** Sustitución de un tipo de comunidad por otro.
- **Suelos:** Son el medio natural en que crecen las raíces de la mayoría de las plantas.

Principales Tipos de Suelo:

- **Podzólicos:** Se desarrollan en zonas frías y húmedas cubiertas por densos bosques de coníferas. El follaje ácido se acumula en una capa gruesa de desechos y su lenta descomposición contribuye a crear un suelo ácido de pH de 3 a 5.
- **Chernozem:** Se desarrollan bajo los pastizales que tienen precipitaciones pluviales moderadas y temperaturas estivales altas. La humedad no es suficiente para lixiviar el suelo en forma importante y el pH es

de 7 - 8.

Los sistemas radicales fibrosos de las gramíneas penetran profundamente en el suelo y su descomposición lo enriquece de manera regular con materia orgánica.

- Laterita: Se forman en las regiones de altas precipitaciones pluviales con temperaturas cálidas continuas, como las que existen en bosques tropicales de lluvia. El ciclo mineral es rápido debido al crecimiento acelerado de las plantas y la pronta descomposición de los desechos. El suelo tiene pH casi neutro. El retiro de la cubierta forestal conduce con rapidez al deterioro del suelo porque la descomposición de los desechos no compensan ya la lixiviación.²⁶

²⁶ Weier, T. Elliot y Otros. Op. Cit.

CAPITULO III

M E T O D O L O G I A

Hipótesis:

1. Entre los pinares y robledales de Honduras existe una relación ecológica que comienza con una competencia por espacio entre los robles y pinos, la cual conduce a una sucesión del roble por el pino y finalmente al establecimiento de los robledales con manifestación de alelopatía que les permite eliminar a los pinares.
2. Las hojas de los robles y encinos al descomponerse actúan bajando el pH del suelo a niveles menores que los tolerados y mínimos requeridos por las plantas de pino, haciendo que el bosque de pino sea reemplazado por bosques de roble o encino.
3. En cualquier parte de Honduras donde existen pinares y robledales o encinales, la competencia, alelopatía y sucesión pueden enseñarse con lotes experimentales donde se mida el aporte de pH por las hojas caídas. Y mediante módulos de aprendizaje con actividades específicas simular, analizar, inferir y evaluar el papel de las interacciones interespecífica en la competencia, alelopatía y sucesión del roble sobre el pino.

Población y Muestra:

La población de esta investigación esta representada por un lote con una extensión de aproximadamente 20 hectáreas. Las muestras fueron áreas de un metro cuadrado distribuidas al azar, haciendo un total de quince muestras.

Variabes:

1. Variable Dependiente: Tipo de bosque.
2. Variable Independiente: pH del suelo.

Indicadores:

* Medir pH de hojas

- mixtas
- de pino
- de roble

* Medir pH del suelo

- mixto (Roble-Pino)
- de Pino solamente
- de Roble solamente

Descripción del Area y Recolección de Datos

Para el desarrollo del presente trabajo se buscó un lugar en el cual se pudieran observar tres zonas: una con presencia sólo de Pinus sp, otra sólo con presencia de Quercus sp y otra en la cual coexistan ambos géneros.

Por cualquier camino que uno tome para salir de Tegucigalpa, logra ver las zonas anteriormente mencionadas. La ubicación del terreno, en el cual se desarrolló la recolecta de muestras y grupos control, está ubicado en la carretera que conduce a

Oriente (Danlí y el Paraíso), aproximadamente a 5 km. de la Colonia Kennedy. En él se midieron áreas de un metro cuadrado que sirvieron de muestras y se recolectaron hojas para los grupos control.

Las muestras fueron 15, de las cuales una fue arrastrada por corrientes de agua lluvia y otra fue destruida por animales, quedando un total para el desarrollo del experimento de 13 muestras, de las cuales dos (2) corresponden a *Pinus* sp, tres (3) a *Quercus* sp y ocho (8) a muestras mixtas (*Pinus* - *Quercus*).

Las muestras se introdujeron en bolsas plásticas y se les echaba agua para someterlas a putrefacción, con el fin de medir su pH.

Las hojas que sirvieron como grupo control se tomaron como línea de base del pH.

De las muestras de suelo, de cada uno de los tres tipos de bosque (*Pinus*, *Quercus* y Mixto) se hizo una solución con agua destilada para medir el pH de cada suelo.

La medición del pH de las muestras y los grupos control se hizo de forma cualitativa, utilizando como indicadores pétalos de flores, y, de forma cuantitativa utilizando papel indicador universal y pHmetro.

En la elaboración de los cuadros sólo se utilizó el valor obtenido de las mediciones con pH metro.

Los resultados obtenidos y con el cual se desarrollaron los cuadros fueron la base del análisis y elaboración de un módulo (No. 5) el cual se podrá aplicar en cualquier otro lugar, ya que

este es sólo una pauta a seguir siempre que haya presencia de Pinus y Quercus en competencia o sucesión.

CAPITULO IV

ANALISIS DE DATOS

CUADRO NO. 1

pH DE LOS GRUPOS CONTROL DE LAS MUESTRAS DE
HOJAS Y SUELOS CON PINO, CON ROBLE Y CON BOSQUE MIXTO.

Grupo control	pH
Hojas de Roble	4.2
Hojas de Pino	3.7
Hojas Mixtas	3.9
Suelo Roble	3.9
Suelo Pino	4.1
Suelo Mixto	3.9

CUADRO NO. 2

COMPOSICION DE LAS MUESTRAS.

Muestra No.	Tipos de Hojas
1	Mixto (Roble - Pino)
2	Pino
3	Mixto (Roble - Pino)
4	Mixto (Roble - Pino)
5	Mixto (Roble - Pino)
6	Mixto (Roble - Pino)
7	Mixto (Roble - Pino)
8	Roble
9	Roble
10	Pino
11	Mixto (Roble - Pino)
12	Roble
13	Mixto (Roble - Pino)

Las muestras anteriores corresponden a las áreas de muestreo para recolección de hojas caídas dentro del metro cuadrado de muestreo. De las 13 áreas de muestreo (1 metro cuadrado de cada una) resultaron 8 muestras con hojas mixtas: (muestras Nos. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 11 y 13); 3 con hojas de roble: (muestras Nos. 8, 9 y 12); y 2 con hojas de pino: (muestras Nos. 2 y 10).

CUADRO NO. 3

PH DE LAS MUESTRAS DE HOJAS 1 HORA Y 24 HORAS
DESPUES DE PUESTAS EN AGUA.

Muestra	pH a 1h	pH a 24h
1	6.4	5.9
2	6.6	6.0
3	6.2	5.3
4	6.9	5.0
5	6.2	5.2
6	5.5	5.1
7	6.1	4.8
8	6.4	5.7
9	6.0	5.3
10	6.5	6.2
11	6.2	5.5
12	5.7	5.1
13	5.9	5.5
	$\sum X_1 = 80.6$ $\bar{X}_1 = 6.2$	$\sum X_{24} = 70.6$ $\bar{X}_{24} = 5.4$

El pH a una hora mostró un rango desde 5.5. hasta 6.9, siendo más alto el valor en la muestra No. 4 y menor en la muestra No. 6.

A 24 horas el pH mostró un rango desde 4.8 hasta 6.2, siendo mayor en la muestra No. 10 y menos en la muestra No. 7.

Los extremos de pH en una hora se encontraron en las muestras con composición mixta de hojas. A 24 horas los extremos correspondieron a muestras diferentes de las que presentaron los valores extremos a una hora. Los valores extremos a 1 hora y el menor valor a 24 horas correspondieron a muestras de hojas mixtas. El valor más alto de pH a 24 horas se encontró en una muestra de hojas de pino (Muestra No. 10).

La tabla muestra que en todos los casos el pH tuvo la tendencia a disminuir del valor encontrado a una hora con el valor encontrado a 24 horas y como consecuencia el aporte de acidez es mayor a medida que transcurre el tiempo y con mayor intensidad en los casos donde las muestras eran hojas de roble. Las variaciones más pequeñas se encontraron en las muestras de hojas de pino (Nos. 2 y 10).

CUADRO NO. 4

DIFERENCIA ENTRE LOS pH DE LAS
MUESTRAS MEDIDOS A 1 HORA Y A 24 HORAS

Muestra	pH a 1h	pH a 24h	Diferencia ($X_1 - X_{24}$)
1	6.4	5.9	0.5
2	6.6	6.0	0.6
3	6.2	5.3	0.9
4	6.9	5.0	1.9
5	6.2	5.2	1.0
6	5.5	5.1	0.4
7	6.1	4.8	1.3
8	6.4	5.7	0.7
9	6.0	5.3	0.7
10	6.5	6.2	0.3
11	6.2	5.5	0.7
12	5.7	1.5	0.6
13	5.9	5.5	0.5

La mayor diferencia de pH fue de 1.9 valor que se obtuvo en la muestra No. 4, la cual presentó un pH de 6.9 a una hora y 5.0 a 24 horas, lo cual indica un aumento en la acidez de la solución.

La menor diferencia de pH correspondió a la muestra No. 10, lo cual demostró que las hojas de pino aunque aportan un aumento a la acidez no es un aporte tan grande como el de las muestras mixtas y las muestras de roble, puesto que la tolerancia a acidez por el pino es menor y requiere un pH más alto que el roble o sea una menor acidez en su medio.

CUADRO NO. 5

DESVIACION ABSOLUTA DE pH
ENTRE LAS MUESTRAS DE HOJAS A UNA HORA

Muestra	pH a 1h	$D(X - \bar{X})$	D^2
1	6.4	0.2	0.04
2	6.6	0.4	0.16
3	6.2	0	0
4	6.9	0.7	0.49
5	6.2	0	0
6	5.5	-0.7	0.49
7	6.1	-0.2	0.01
8	6.4	0.2	0.04
9	6.0	-0.2	0.04
10	6.5	0.3	0.09
11	6.2	0	0
12	5.7	-0.5	0.25
13	5.9	-0.3	0.09
$\sum X = 80.6$		$\sum D^2 = 1.7$	
$\bar{X} = 6.2$		$\bar{D}^2 = 0.13$	

La mayor desviación absoluta de los pH fue de 0.7, correspondiendo a la muestra No. 4 y la menor desviación fue de -0.7, correspondiendo a la muestra No. 6.

La media de las desviaciones cuadradas fue de 0.13, valor que corresponde al factor de competencia dentro de las áreas de muestreo y todos los valores que superan esta medida, y provienen de desviaciones positivas, están en las áreas donde se manifiesta una competencia tanto inter como intra específica, dependiendo si la muestra es mixta o es de una sola especie.

CUADRO NO. 6

DESVIACION ABSOLUTA DE pH
ENTRE LAS MUESTRAS DE HOJAS A 24 HORAS

Muestra	pH a 24 h	D(X- \bar{X})	D ²
1	5.9	0.5	0.25
2	6.0	0.6	0.36
3	5.3	-0.1	0.01
4	5.0	-0.4	0.16
5	5.3	-0.2	0.04
6	5.1	-0.3	0.09
7	4.8	-0.6	0.36
8	5.7	0.3	0.09
9	5.3	-0.1	0.01
11	6.2	0.8	0.64
12	5.1	-0.3	0.09
13	5.5	0.1	0.01
$\sum X = 70.6$ $\bar{X} = 5.4$		$\sum D^2 = 2.12$ $\bar{D}^2 = 0.16$	

La mayor desviación absoluta de los pH fue de 0.8 correspondiendo a la muestra No. 10 y la menor desviación absoluta fue de -0.6, correspondiendo a la muestra No. 7.

La media de las desviaciones cuadradas fue de 0.16, valor que corresponde al factor de sucesión dentro de las áreas de muestreo y todos los valores que superen esta medida, provenientes de desviaciones positivas están en el área donde se manifiesta la sucesión de una especie por otra.

CUADRO NO. 7

DESVIACION ABSOLUTA DE Ph
DE LAS DIFERENCIAS EN LAS MUESTRAS A
1 HORA Y 24 HORAS

Muestra	Diferencia (pH1h -pH24h)	D(X - \bar{X})	D ²
1	0.5	-0.27	0.073
2	0.6	-0.17	0.029
3	0.9	0.13	0.017
4	1.9	1.13	1.277
5	1.0	0.23	0.053
6	0.4	-0.37	0.137
7	1.3	0.53	0.281
8	0.7	-0.07	0.005
9	0.7	-0.07	0.005
10	0.3	-0.47	0.221
11	0.7	-0.07	0.005
12	0.6	-0.17	0.029
13	0.4	-0.37	0.137
$\sum X=10.1$ $\bar{X}= 0.77$		$\sum D^2=2.269$ $\bar{D}^2=0.174$	

La mayor desviación absoluta de los pH fue de 1.13 correspondiendo a la muestra No. 4 y la menor desviación absoluta fue de -0.47, correspondiendo a la muestra No. 10.

La media de las desviaciones cuadradas fue de 0.174, valor que corresponde al factor de alelopatía el cual actúa de manera combinada después de la competencia y la sucesión en las áreas de muestreo y todos los valores que superen esta medida, provenientes de desviaciones positivas están en el área donde se manifiesta la alelopatía de una especie en otra. La alelopatía se encontró en las muestras No. 4 y 7 que corresponden a áreas de bosque mixto con alelopatía del roble sobre el pino.

CUADRO NO. 8

DIFERENCIA DE pH ENTRE LAS MUESTRAS
A 1 HORA Y EL pH DEL SUELO DE
BOSQUE DE PINO COMO GRUPO CONTROL

pH del suelo pino como grupo control = 4.1.

Muestra	pH	Diferencia pH Muestra-Grupo Control
1	6.4	2.3
2	6.6	2.5
3	6.2	2.1
4	6.9	2.8
5	6.2	2.1
6	5.5	1.4
7	6.1	2.0
8	6.4	2.3
9	6.0	1.9
10	6.5	2.4
11	6.2	2.1
12	5.7	1.6
13	5.9	1.8
		$\Sigma X = 27.3$
		$\bar{X} = 2.1$

La mayor diferencia entre el pH de las muestras de hojas y el pH del suelo de bosque de pino como grupo control fue de 2.8 en la escala de pH, encontrado en la muestra No. 4 (bosque mixto). Las muestras de hojas de pino (Nos. 2 y 10) muestran diferencias similares lo cual significa que a 1 hora la hoja de pino y el suelo de bosque de pino no tienen el mismo pH ya que el suelo del bosque es más ácido que las hojas. En la muestra No. 6 de hojas mixtas se encuentra la mayor proximidad de pH con el suelo de bosque de pino lo que significa que a 1 hora el bosque mixto está aportando más a bajar el pH que el pino sólo o el roble sólo.

CUADRO NO. 9

DIFERENCIA DE pH ENTRE LAS MUESTRAS
A 1 HORA Y EL pH DEL SUELO DE BOSQUE
ROBLE COMO GRUPO CONTROL

pH del suelo de bosque de roble como grupo control = 3.9

Muestra	pH	Diferencia pH Muestra-Grupo Control
1	6.4	2.5
2	6.6	2.7
3	6.2	2.3
4	6.9	3.0
5	6.2	2.3
6	5.5	2.6
7	6.1	2.2
8	6.4	2.5
9	6.0	2.1
10	6.5	2.6
11	6.2	2.3
12	5.7	1.8
13	5.9	2.0
		$\Sigma X = 30.9$
		$\bar{X} = 2.4$

La mayor diferencia entre el pH de las muestras de hojas y el pH del suelo de bosque de roble como grupo control fue de 3.0 en la escala de pH, encontrado en la muestra No. 4. La muestra No. 6 de hojas mixtas es la que tiene la mayor proximidad con el pH del suelo de bosque de roble y por tanto una mayor contribución a bajar el pH en las áreas de muestra.

CUADRO NO. 10

DIFERENCIA DE pH ENTRE LAS MUESTRAS A 1 HORA
Y EL pH DEL SUELO DE BOSQUE MIXTO
COMO GRUPO CONTROL

pH del grupo control del suelo mixto = 3.9

Muestra	pH	Diferencia pH Muestra-Grupo Control
1	6.4	2.5
2	6.6	2.7
3	6.2	2.3
4	6.9	3.0
5	6.2	2.3
6	5.5	1.6
7	6.1	2.2
8	6.4	2.5
9	6.0	2.1
10	6.5	2.6
11	6.2	2.3
12	5.7	1.8
13	5.9	2.0
		$\Sigma X = 29.9$ $\bar{X} = 2.3$

El rango de variación de pH provocado por las muestras al suelo mixto es de 1.6 a 3.0 correspondiendo a las muestras 6 y 4 respectivamente.

La muestra No. 4 causó una variación de pH en 3.0 y siendo ésta una muestra de hojas mixta, indica claramente mayor presencia de hojas de pino.

La muestra No. 6 (Mixta) aporta menos variación al suelo mixto, demostrando una mayor presencia de hojas de roble que hojas de pino. La variación fue sólo 1.6 en la escala de pH.

CUADRO NO. 11

DIFERENCIA DE pH ENTRE LAS MUESTRAS A 24 HORAS
Y EL pH DEL SUELO PINO COMO GRUPO CONTROL.

pH del grupo control del suelo de pino= 4.1

Muestra	pH	Diferencia pH Muestra-Grupo Control
1	5.9	1.8
2	6.0	1.9
3	5.3	1.2
4	5.0	0.9
5	5.2	1.1
6	5.1	1.0
7	4.8	0.7
8	5.7	1.6
9	5.3	1.3
10	6.2	2.1
11	5.5	1.4
12	5.1	1.0
13	5.5	1.4
		$\Sigma X = 17.4$
		$\bar{X} = 1.3$

La diferencia más pequeña obtenida corresponde a la No. 7 con un valor de 0.7.

La muestra que aporta mayor diferencia en la escala es la muestra No. 10 provocando un aumento de 2.3.

Todas las muestras alteraron el pH del suelo pino haciendo de esta manera el suelo menos ácido.

En las muestras 1 y 13 podemos apreciar una igual reducción del pH del suelo de pino, por la influencia de las hojas logrando así una mayor acidez en el suelo.

CUADRO NO. 12

DIFERENCIA DE pH ENTRE LAS MUESTRAS A 24 HORAS
Y EL pH DEL SUELO ROBLE COMO GRUPO CONTROL.

pH del grupo control del suelo roble = 3.9

Muestra	pH	Diferencia pH Muestra-Grupo Control
1	5.9	2.0
2	6.0	2.1
3	5.3	1.4
4	5.0	1.1
5	5.2	1.3
6	5.1	1.2
7	4.8	0.9
8	5.7	1.8
9	5.3	1.4
10	6.2	2.3
11	5.5	1.6
12	5.1	1.2
13	5.5	1.6
		$\sum X = 19.9$
		$\bar{X} = 1.5$

La diferencia más pequeña obtenida corresponde a la muestra No. 7, con un valor de 0.9.

La muestra que aporta mayor diferencia en la escala, es la muestra No. 10 provocando un aumento de 2.3 y siendo más hojas de pino tienden a bajar la acidez del suelo.

No se obtuvo ningún resultado inferior al del suelo control roble, puesto que una muestra con pH menor al grupo control no toleraría la existencia de roble.

Todas las muestras alteraron el pH del suelo roble, haciendo el suelo menos ácido.

CUADRO NO. 13

DIFERENCIA DE pH ENTRE LAS MUESTRAS A 24 HORAS
Y EL pH DEL SUELO MIXTO COMO GRUPO CONTROL.

pH del grupo control del suelo mixto = 3.9

Muestra	pH	Diferencia pH Muestra-Grupo Control
1	5.9	2.0
2	6.0	2.1
3	5.3	1.4
4	5.0	1.1
5	5.2	1.3
6	5.1	1.2
7	4.8	0.9
8	5.7	1.8
9	5.3	1.4
10	6.2	2.3
11	5.5	1.6
12	5.1	1.2
13	5.5	1.6
		$\sum X = 19.9$ $\bar{X} = 1,5$

La muestra No. 10 alteró en 2.3 el pH del suelo mixto, siendo la mayor diferencia y la mayor disminución de acidez.

La muestra No. 7 alteró en 0.9 el pH del suelo mixto, provocando la menor variación de acidez.

Las muestras disminuyeron la acidez del suelo mixto.

CAPITULO V

APLICACION: DESAROLLO DE MODULOS

MODULO NO. 1

El pH como Factor Físico en Estudios Ecológicos

Introducción:

Por lo general, el sistema de raíces de una planta abarca únicamente el 25% de la planta; no obstante, las raíces se ramifican tanto y tan finamente que con frecuencia ocupan una masa de suelo mayor que el volúmen de la atmósfera que abarca el tallo y las partes aéreas de la planta.²⁷

El resultado es el estrecho e intenso contacto que existe entre la superficie del suelo y la planta, lo cual es muy importante, en vista de que depende del suelo su fijación y para obtener los nutrientes y el agua.

La existencia de agua en los suelos trae como consecuencia que en el sistema de interacciones se formen soluciones y como resultado existan iones hidrógeno como H^+ y iones OH , H_2O . Los iones de hidrógeno representados con H producen la acidez del agua.

El término ácido significa etimológicamente "agrio" y se refiere al sabor de sustancias como el vinagre, el limón y muchos

²⁷ Daubenmire. Ecología Vegetal. México. Editorial Limusa. 1,979

frutos verdes. Las sustancias "agrias" presentan prioridades comunes, sobresaliendo entre ellas la capacidad de corroer (aherrumbrar u oxidar) metales y materiales con un ataque visible, produciendo en casos intensos la liberación de burbujas que son gas hidrógeno. También los ácidos en soluciones conducen electricidad y producen gas hidrógeno en el electrodo negativo (Cátodo).

En la definición del pH se acepta como tal el grado de acidez o alcalinidad que presenta una sustancia en solución.

La ionización del agua es tan pequeña que casi nunca se considera en valores de medición precisa para la producción real de ácidos y bases. Para estimar el producto iónico del agua se ha desarrollado una escala simple conocida como Escala de Ph la cual suele utilizarse para indicar la acidez y basicidad de cualquier solución acuosa. Al tomar estas consideraciones, la escala de pH se convierte en una medida de la concentración del ión hidrógeno en la solución. La concentración del ión hidrógeno referido como ión H_3O se expresa en potencias de diez con valores desde 10^{-14} hasta 10^{-1} . Los valores de las concentraciones se expresan como resultados del logaritmo negativo de la concentración de los iones, lo cual convierte los valores de la escala en números positivos desde 1 a 14 para tener una escala de uno hasta cualquier valor menor que siete para la acidez y desde cualquier valor mayor que siete hasta catorce para la alcalinidad o basicidad. El valor de pH igual a siete representa el punto neutro en donde la solución tiene igual concentración de iones de

hidrógeno (H) e iones hidroxilo (OH). Basado en estos valores las soluciones son ácidas cuando su valor en la escala es menor que 7 y significa que las soluciones contienen más iones H que OH; siendo básicas cuando su valor en la escala esta arriba de 7 indicando que contienen más concentración de OH que de H. La escala pH es una escala logarítmica y no una escala ordinal, aunque los valores den la idea de ser número ordinales; esto significa que un pH 4 no es el doble de un pH 2, ni un pH 2 es la mitad de un pH 4, ya que un pH 4 significa $1 \times 10^{-4} = 0.0001$ y un pH 2 equivale a $1 \times 10^{-2} = 0.01$ demostrándose que una centésima no es la mitad de una diez milésima.

En la medición rutinaria de los pH de las soluciones se pueden utilizar métodos cualitativos, métodos comparativos y métodos numéricos. Los métodos cualitativos son aquellos en los cuales las soluciones manifiestan cambios en coloración al agregárseles indicadores para acidez o alcalinidad, sin indicar más que el cambio cualitativo.

Los métodos comparativos son aquellos en los cuales las soluciones manifiestan variaciones en la coloración cuando se le agregan indicadores para los cuales existe una escala de coloración desarrollada para valores de un pH determinado. En los métodos comparativos se utilizan indicadores como el azul de bromofenol ajustado a pH 3 con coloración amarilla o escalas de coloración como el papel pH Hidron. Las escalas numéricas requieren de aparatos con electrodos calibrados y con una escala numérica (generalmente con divisiones decimales) que indican con

alto grado de precisión el valor numérico del pH. Para las mediciones cuantitativas se utilizan aparatos calibrados conocidos con el nombre genérico de pHmetro.

El pH constituye un factor físico en los estudios de Ecología, porque indican la estructura química de las soluciones y por ser la Química una ciencia que estudia aspectos físicos de la materia, el pH es un factor físico.

Este módulo está estructurado con tres actividades las cuales presentan diferentes grados de dificultad, requieren diferentes niveles de conocimiento y generan niveles de aprendizaje del factor pH de lo simple a lo complejo. La primera actividad del módulo está dirigida a generar conocimiento básico de la medición, análisis y evaluación de la escala pH. La segunda actividad está dirigida a la comprensión matemática de la escala del pH, dando las bases generales del uso de los logaritmos para encontrar el pH de una solución y hacer los cálculos matemáticos en la escala de pH. La tercera actividad está dirigida a la comprensión y al análisis de los valores pH haciendo los intercambios entre la escala y la concentración de iones hidrógeno para luego establecer las consecuencias y causas de la acidez y la alcalinidad en las plantas dentro de un sistema ecológico.

En este módulo se realiza un análisis general del factor suelo con vegetación y las expectativas ecológicas en un suelo ácido o en un suelo básico.

Principales Conceptos:

1. pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución.
2. Las sustancias o compuestos químicos que no se encuentran en solución no tienen pH.
3. La escala pH es una medida de la concentración del ion hidrógeno.
4. La escala pH es una escala logarítmica y no ordinal.
5. El ion hidrógeno de las soluciones en la escala pH es en realidad la concentración del ion hidronio en moles por litro.
6. El agua es muy débilmente ionizada por autoionización. Este proceso de autoionización se llama autoprotólisis.
7. Moles por litro significa una solución de moles de soluto por litro de solución representando por ello la molaridad de una solución.
8. La cantidad de sustancia que contiene el número de Avogadro de cualquier tipo de unidad química se llama una mole de esa sustancia.
9. El número de Avogadro es una constante cuyas tres cifras significativas más utilizadas son el valor de 6.02×10^{23} .
10. Un indicador es un colorante orgánico que posee un color en soluciones ácidas y otro color en soluciones básicas.
11. La palabra logaritmo proviene de las palabras griegas logos = cálculo, arithmos = número. Logaritmo b de x es la potencia (exponente) a la cual la base b debe ser elevada para obtener x. Cuando la base b es 10 el logaritmo se

llama logaritmo común.

12. El pH se encuentra utilizando logaritmos comunes.
13. Las soluciones son materiales homogéneos de composición variable. La solución se compone de un soluto (material disuelto) y un disolvente (material que se disuelve).

Objetivos del Módulo:

1. Medir cualitativamente el pH de una solución.
2. Medir comparativamente el pH de una solución.
3. Encontrar la característica de acidez o alcalinidad de una solución.
4. Calcular matemáticamente el pH de una solución conociendo la concentración de ion hidrógeno.
5. Calcular la concentración de ion hidrógeno de una solución conociendo su pH.
6. Aprender el uso de la tabla de logaritmos.
7. Elaborar sustancias indicadoras cualitativas de acidez y alcalinidad.
8. Preparar soluciones molares realizando los cálculos matemáticos requeridos.
9. Analizar el efecto de la acidez de los suelos en la vegetación.
10. Representar las tonalidades de los cambios de coloración de las soluciones con diferentes indicadores.

ACTIVIDAD 1

Medición Cualitativa y Comparativa del pH de Soluciones

Teoría Resumida:

Las soluciones de sustancias son ácidas o básicas, dependiendo de la relación de la concentración de iones H y iones OH presentes en ella. Las soluciones que presentan mayor concentración de iones H son las soluciones de sustancias ácidas y las soluciones que presentan menor concentración de iones H son sustancias básicas. Como las concentraciones de iones de hidrógeno en las soluciones son siempre menores que un mol por litro se utiliza la escala pH, la cual indica la concentración en base 10 con exponente negativo de los iones. Al medir la acidez o alcalinidad de la solución de una sustancia podemos llegar a conocer el rango de distribución de los iones H presentes en la solución.

Las mediciones cualitativas y comparativas de pH se realizan con indicadores de rango amplio y determinan únicamente si la solución está entre 1 y 7 o entre 7 y 14, siendo el primer rango para soluciones ácidas y el segundo para soluciones básicas.

Materiales:

Repollo rojo, flores de diferentes colores, agua, papel tornasol (opcional papel pH Hydron), muestras de suelo, muestras de hojas de roble y/o pino, limones, naranjas, agua, leche, agua

salada, leche de magnesia, 10 recipientes (platos de vidrio o platillos de tazas para café) frascos.

Nivel Sugerido:

Ciclo Común de Cultura General y Ciclo Diversificado.

Objetivos de la Actividad:

Al finalizar esta actividad el estudiante será capaz de:

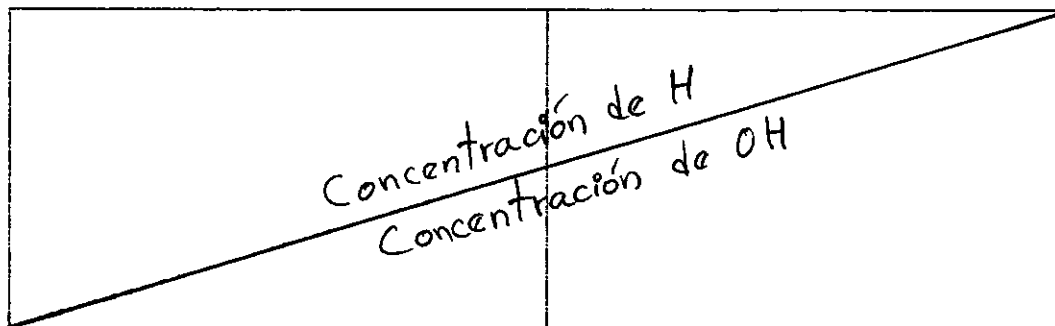
1. Diferenciar soluciones ácidas de soluciones básicas utilizando papel tornasol rojo y azul.
2. Identificar un indicador cualitativo de acidez o alcalinidad.
3. Inferir el sabor de una solución basado en su pH.
4. Inferir la relación de iones de hidrógeno y iones OH.
5. Comprender la estructura de la Escala pH como la relación de iones hidrógeno y de iones de hidroxilo (OH).

Procedimiento:

1. Prepare los materiales indicados en los pasos a - k, sin esperar que se termine el tiempo requerido en cada uno.
 - a. Corte finamente un pedazo de repollo rojo.
 - b. Coloque en un frasco con una taza de agua una apuñada del material picado y déjelo reposar por diez (10) minutos (indicador 1).
 - c. Coloque otra puñada de hojas de repollo en un recipiente con

- una taza de agua y caliéntelo hasta que hierva completamente. Déjelo enfriar y extraiga el líquido coloreado (indicador 2).
- d. Coloque los pétalos de flores del mismo tipo y del mismo color y déjelo reposar por diez (10) minutos (indicador 3).
 - e. Coloque en un recipiente pétalos de flores del mismo tipo y color, caliéntelo hasta que hierva y déjelo enfriar, extraiga el líquido coloreado (indicador 4).
 - f. Agregue 1/2 taza de agua a diez (10) cucharadas de c/u de sus muestras de suelo.
 - g. Agregue 1/2 taza de agua a una puñada de sus muestras de hojas de roble y déjelas reposar por diez (10) minutos.
 - h. Agregue 1/2 taza de agua a una puñada de sus muestras de hojas de pino y déjelas reposar por diez (10) minutos.
 - i. Extraiga el jugo de tres limones.
 - j. Extraiga el jugo de una naranja agria.
 - k. Agregue tres (3) cucharadas de sal a 1/2 taza de agua y disuélvala bien (agregue más agua si es necesario).
2. Tome de 10 a 20 gotas de sus muestras de suelo en 5 recipientes diferentes y márkuelos de 1 a 5.
 3. Coloque 1/2 cucharadita del suelo mojado en 5 recipientes diferentes y márkuelos de 1 a 5.
 4. Agregue suficientes gotas de la solución de repollo (indicador 1) a las muestras de líquido y suelo No. 1, hasta que haya cambio permanente de color, anote la cantidad de indicador utilizado y los cambios observados. Dibuje y

- pinte.
5. Agregue suficientes gotas de solución hervida de repollo (indicador 2) a las muestras de líquidos y suelo No. 2 hasta que observe cambios permanentes de color. Dibuje y pinte.
 6. Agregue suficientes gotas de solución de pétalos de flores (indicador 3) a las muestras de líquido de suelo No. 3 hasta que observe cambios permanentes de color. Dibuje y pinte.
 7. Agregue suficientes gotas de solución de pétalos de flores hervidas (indicador 4) a las muestras de líquido y suelo No. 4 hasta que observe cambios permanentes de color. Dibuje y pinte.
 8. Introduzca en cada una de las muestras No. 5 de líquido y suelo papel tornasol azul y después papel tornasol rojo, observe los cambios, anote, dibuje y pinte.
 9. Lave bien los diez recipientes utilizados y repita el procedimiento con 5 muestras utilizando limones, naranjas agrias, leche, leche de magnesia, agua salada, extractos de las muestras de hojas de roble y hojas de pino.
 10. Elabore una tabla en donde registre: Tipo de muestra, cambio observado, rango de pH.
 11. Dibuje un rectángulo de 6 pulgadas de largo por 2 pulgadas de alto, trace una diagonal de la esquina inferior izquierda a la esquina superior derecha y trace una línea vertical a mitad del rectángulo (pulgada No. 3) haciendo dos rectángulos de 3 pulgadas de largo por dos de alto.



Escriba sobre la diagonal concentración de H y abajo de la diagonal concentración OH. Como podrá ver a medida que la concentración de H (triángulo superior) disminuye la concentración de OH (triángulo inferior) aumenta. La línea que marqué en la pulgada 3 es el punto neutro y la distancia entre la línea superior y la diagonal será aproximadamente igual a la diagonal y la línea inferior.

Aquí el pH es 7 (pH neutro)

Resuelva las siguientes situaciones:

1. Qué cambios presenta el papel tornasol rojo en sustancias ácidas?
2. Qué cambios presenta el papel tornasol azul en sustancias ácidas?
3. Cómo se utiliza el papel tornasol como indicador de sustancias ácidas y sustancias básicas?
4. Cuáles soluciones le resultaron ácidas y cuáles le resultaron básicas?
5. Cuáles indicadores cualitativos resultaron ser indicadores de acidez y cuáles de alcalinidad?

6. Cómo podemos saber el sabor de una solución si conocemos su pH?
7. Qué relación existe entre los iones de H y los OH en el rectángulo pequeño de la alcalinidad?
8. Utilizando el rectángulo grande: Qué relación existe entre los H y los OH yendo de izquierda a derecha del rectángulo?

Respuestas Sugeridas:

1. No cambia en sustancias ácidas porque es un indicador de ácidos.
2. Cambia de azul a rojo.
3. El papel tornasol azul sirve para detectar si una sustancia es ácida, al introducirlo en la solución de la sustancia, siendo ácida cambiará a rojo. El papel tornasol rojo indica si la sustancia en solución es básica, al probarla con el papel cambiara a color azul.
4. Sustancias ácidas: Jugo de limón y de naranja agria, muestras de hojas de roble y pino; sustancias básicas: leche, leche de magnesia.
5. Indicadores de acidez son los que cambian generalmente un color rosado a rojo y los de basicidad cambian a amarillo, anaranjado o verde.
6. Si es menor de 7 será ácida, si es mayor de 7 será básica.
7. A medida que disminuye el área de iones H^+ (parte superior) aumenta el área de OH^- (parte inferior).
8. Una relación inversamente proporcional.

ACTIVIDAD 2

Cálculos de pH utilizando Logaritmos comunes

Teoría Resumida:

En la química de las soluciones iónicas es prácticamente común emplear funciones logarítmicas de las concentraciones, particularmente de iones H. Hay varias razones para que esta práctica sea empleada para lograr entender cómo la concentración de iones de H y de OH se encuentran en las soluciones.

Primera, los potenciales electroquímicos por los cuales se miden experimentalmente las concentraciones varían según el logaritmo de la concentración. Segunda, las concentraciones que se encuentran en la práctica corriente disminuye de 10 a 10^{-15} moles por litro, y cualquier representación gráfica de su variación tiene que ser logarítmica para poder cubrir el amplio ámbito de valores. Tercera, los gráficos logarítmicos generalmente reducen las ecuaciones relacionadas con concentraciones a líneas rectas y en muchos casos los cálculos se pueden hacer directamente con la gráfica.

El logaritmo de un número $\text{Log}_b X$ es la potencia o el exponente a la cual la base b debe ser elevada para obtener el valor X .

Si tomamos como base el valor de 10 los logaritmos de esta base se llamarán logaritmos comunes y si deseamos encontrar el logaritmo base de 10 de 10,000 encontramos que es necesario

buscar el exponente al cual la base 10 debe elevarse para que sea igual al valor de 10,000.

$$\log 10,000 = \log 10^4 = 4$$

Por lo tanto el logaritmo común de 10,000 es 4, de 1,000 será 3 de 100 será 2 y así sucesivamente.

$\log_b X \Rightarrow$ X será el valor, b será la base y el logaritmo será el exponente al que tiene que elevarse la base 10 para que dé el valor.

Para trabajar con logaritmos múltiplos de 10 necesitamos únicamente expresar el exponente como logaritmo del número. Así por ejemplo los logaritmo de los números $10 = 1$, $100 = 2$, y $1,000,000 = 6$ porque en notación científica 10 se expresa como 10^1 , el valor de 100 se expresa como 10^2 y el valor 1,000,000 se expresa como 10^6 .

El número 4,000 en cálculos logarítmicos se puede descomponer en $\log 1,000 + \log 4$. el logaritmo de 1,000 es simplemente 3, pero encontrar el logaritmo de 4 requiere el uso de una tabla de logaritmos, ya que 4 en notación científica es 4×10^0 , por lo tanto el valor del logaritmo de 4 está entre 0 y 1 y deberá expresarse como una cantidad decimal.

La tabla de logaritmos contiene los logaritmos de los números de 1 al 99 sin los puntos decimales.

En el ejemplo anterior el número 4,000 se escribe en notación científica como 4×10^3 . El valor entero 3 del exponente es la característica. Los números mayores que 1 y menores que 10 tendrán como característica 0. Al revisar una

tabla de logaritmos encontraremos que el logaritmo de 4 será 0.6021 por lo tanto el $\log 4,000$ será 3.6021.

A la parte fraccionaria de un logaritmo se le llama mantisa. La mantisa siempre es fraccionaria, sin embargo, las tablas de logaritmos no presentan las mantisas en forma de fracción y por ello al usarlas hay que agregar el punto decimal las tablas de logaritmos sólo contienen mantisas y no características. La característica debe hallarse expresando el número en su forma exponencial.²⁸

Para determinar el logaritmo de un número el primer paso consiste en determinar su característica por ejemplo, para encontrar el logaritmo de 76.5 la característica es 1 porque 76.5 se escribe en notación científica como 7.65×10^1 y de manera similar el número 765 tendrá una característica de 2 porque en notación científica se escribe como 7.65×10^2 .

La mantisa representa la segunda parte de la expresión y se le encuentra en la tabla de logaritmos. Cuando se busca la mantisa no se toma en cuenta el punto decimal, sin embargo, la mantisa siempre es una fracción.

Cuando la cantidad a la cual le vamos a buscar el logaritmo es un número menor que 1 encontraremos que el exponente será negativo. Así por ejemplo el logaritmo 0.90 será el resultado del logaritmo de 9×10^{-1} por lo tanto el exponente es negativo. Cuando la característica es negativa, se coloca el signo menos

²⁸ Federal Electric Corporation. Logaritmos. Editorial Limusa. Mexico. 1,973.

encima de la característica.

Como las concentraciones de las soluciones son casi siempre menos que 1 mol por litro, el logaritmo de la concentración es casi siempre fracción de un mol por litro.

Pero como es preferible trabajar con números positivos del 1 al 10, la concentración del ion hidrógeno se expresa comúnmente como pH, que en una solución diluída está dado por la relación aproximada:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}]$$

así una solución con una concentración de iones de H de 1×10^{-5} mol/litro tiene un pH de 5.

Si conocemos la concentración de iones de hidrógeno con valores decimales y exponentes negativos expresados en notación científica, los cálculos deben hacerse de manera sistemática, siguiendo el siguiente razonamiento, ejemplo: si la notación de iones hidrógeno es de 0.00034 iones para encontrar el pH procederemos así:

a) Escribir el valor en notación científica, entonces $0.00034 = 3.4 \times 10^{-4}$

b) pH por definición es:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}]$$

$$\text{Entonces } \text{pH} = -\log [3.4 \times 10^{-4}]$$

$$\text{pH} = -\log 3.4 - \log 10^{-4}$$

$$\text{pH} = 4 - \log 3.4$$

c) Encontramos el logaritmo de 3.4 en la tabla de logaritmos buscando el No. 3 en la columna de los números N y el valor

0.4 en la línea de los decimales leyendo el valor que corresponde entre 3 de la línea y 4 de la columna.

Entonces, 3 y 4 se interceptan en la tercera línea de la columna 4 y corresponde al valor 5313, por lo tanto, el logaritmo de 3.4 = 0.5315.

El valor cero es porque 3.4 en notación científica es 3.4×10^0 .

d) $\text{pH} = 4.0 - 0,5315$

$\text{pH} = 3.4685$

Análisis:

3.4685 se encuentra entre 3 y 4 y 3.4×10^{-4} que era la concentración de iones se encuentra entre 10^{-3} y 10^{-4} lo cual nos da nuestro rango de referencia como un pH calculado matemáticamente.

Materiales:

Tabla de logaritmos comunes, soluciones ácidas, soluciones básicas, papel tornasol (azul y rojo), indicador universal, agua.

Nivel Sugerido:

Ciclo Diversificado.

Objetivos:

1. Calcular el pH de una solución utilizando la tabla de logaritmos conociendo la concentración de iones hidrógeno.
2. Medir cualitativamente el pH de soluciones.

3. Calcular el rango de la concentración de iones de hidrógeno de las mediciones realizadas utilizando la tabla de logaritmos.

Procedimiento:

1. Coloque dos muestras de una sustancia y determine la acidez o basicidad de ella utilizando papel pH y el indicador universal.
2. Utilizando la tabla de logaritmos encuentre los rangos de pH y los rangos de concentración de los iones de hidrógeno en las muestras.
3. Coloque dos nuevas muestras diferentes de soluciones, encuéntrales cuantitativamente el pH y calcule los rangos probables de pH y los rangos de concentración de iones hidrógeno.

Resuelva las siguientes situaciones:

1. Qué indica el logaritmo de un número?
2. Encuentre los logaritmos de las siguientes cantidades:
200
725
0.000025
83.75
2
3. Un vaso de jugo de limón se dice que contiene 0.025 moles por litro de iones de hidrógeno. Calcule el pH de ésta

solución y determine si realmente esta solución es de limón o de una sustancia no ácida.

4. La leche se dice que es una sustancia básica y en un análisis se determinó que tenía 0.000000025 mol/l de iones de hidrógeno. Cuál es el pH de esta muestra de leche?

Respuestas Sugeridas:

1. El exponente al cual se debe elevar la base y obtener el valor X.
2. 200 - 2.3010
725 - 2,8603
0.000025 - 4.6000
84 - 1.9230
2 - 0.3010
3. pH = 1.6 entonces sí es de limón
4. pH = 8.6

ACTIVIDAD NO. 3

El pH y sus Efectos en la Vegetación

Teoría Resumida:

Las sustancias para poder determinarles el pH que poseen es necesario que estén en solución.

Las concentraciones de las soluciones pueden ser expresadas de distintas maneras y la molaridad (M) es una de ellas. La molaridad es la relación de soluto expresado en moles y solución expresado en litros; la fórmula de ésta expresión es $M = \text{mol/l de sln}$, siempre la molaridad se representa por una "M" mayúscula, de lo contrario, "m" minúscula indicará molalidad, otro tipo de concentración.

Los suelos poseen humedad en mayor o menor proporción y es así como se logra saber su pH, el cual en la mayoría de los casos está determinado por el tipo de vegetación presente en él.

La palabra suelo en sentido ecológicamente válido abarca cualquier parte de la corteza terrestre donde las plantas se fijan. En términos más conservadores, el suelo puede definirse como la capa superficial de la corteza terrestre expuesta a la interperie a la cual se incorporan los organismos vivos y sus productos de desecho. El suelo está formado por material de base al cual se le incorpora un incremento orgánico así como organismos vivientes y cuyos espacios restantes entre las partículas sólidas están llenas de agua y gases.²⁹

La acidez de un suelo influye en las propiedades físicas, la disponibilidad de ciertos minerales para las plantas y las actividades biológicas del suelo.

Los suelos ácidos como los que se encuentran bajo los bosques de coníferas, con follaje ácido, oscilan de pH 3.5 a 5.0; los suelos de zonas áridas o salinas suelen llegar a tener un pH

²⁹ Cronquist, Arthur. Op. cit.

de 11.0. La acidez por sí misma no limita directamente el crecimiento de las plantas, en lugar de ello, el pH del suelo afecta a la disponibilidad de nutrientes del suelo para las plantas, de dos modos distintos: en suelos ácidos, los iones H reemplazan a otros cationes y, entonces, los iones de nutrientes se lixivian fácilmente, también afecta la solubilidad de estos nutrientes.³⁰

La mayoría de los tipos de suelo y de materia orgánica contienen coloides o solutos que tienen la propiedad de mantener constante el pH de la solución de suelo. Las plantas actúan mediante intercambios de iones entre el suelo y la raíz a que el pH siempre se encuentre dirigido hacia el rango óptimo de las especies.³¹ Danserav (1,978), considera que algunas plantas particularmente el género Quercus al cual pertenecen los robles, tienen dos mecanismos de efecto sobre el pH de los suelos; primero, secretando ácido carbónico por las raíces y segundo, afectando indirectamente el pH de la planta, produciendo hojarasca que libera residuos predominantemente ácidos. Al descomponerse la hojarasca, disminuye grandemente el pH del suelo, la cual consumen para su crecimiento, a menos que sea extremadamente ácida.

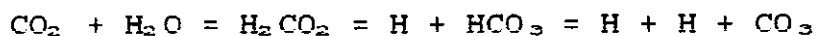
El suelo de la superficie de los bosques con Quercus es casi siempre más ácido que el subsuelo, debido a la gran abundancia de materia orgánica acidógena y a la acción de filtración, que es

³⁰ Weier, T. Elliot y Otros. Op. Cit.

³¹ Daubenmire. Op. Cit.

más intensa en las capas superiores.³²

En la tierra, las raíces están cubiertas por una fina película de la solución diluída del suelo, conforme se produce la respiración en las células vivas de las raíces, se produce CO₂. El dióxido de carbono se combina con agua, liberando iones Hidrógeno, iones de bicarbonato e iones carbonato:



Esos iones pasan de las células de las raíces a la solución de suelo circundante. En este caso, los iones de hidrógeno se cambian por cationes. Mediante el proceso de intercambio por cationes, el suelo proporciona constantemente cationes a las raíces, a cambio de iones hidrógeno. En el proceso, el suelo mismo se hace cada vez más ácido.³³

Materiales:

Soluciones ácidas, soluciones básicas, tabla periódica, frascos, gotero, agua, tierra, cajas de cartón o palanganas de plástico, semillas de frijol, de maíz, de rábano, cal, vinagre, sal, tabla de logaritmos comunes, regla, metro, balanza, probeta.

Nivel Sugerido:

Ciclo Diversificado.

³² Daubenmire. Op. Cit.

³³ Weier, T. Elliot y Otros. Op. Cit.

Objetivos:

1. Preparar 500 ml. de una solución de sal 0.20 M, 250 ml. de una solución de cal a 0.05 M, realizando los cálculos matemáticos necesarios.
2. Calcular el pH de las soluciones preparadas con ayuda de la tabla de logaritmos, conociendo la concentración de las mismas.
3. Preparar cajas con muestras de grupo control y experimental que contengan maíz, frijol, rábano.
4. Inferir sobre el efecto de soluciones ácidas o básicas en algunos vegetales.
5. Elaborar tablas de datos y gráficos de barra simple y compuesto sobre el desarrollo (altura) de las plantas observadas en un período de por lo menos 5 días.

Procedimiento:

1. Investigue las fórmulas de la sal, ácido acético (vinagre) cal (hidróxido de calcio).
2. Con ayuda de la tabla periódica encuentre el peso molecular de los compuestos del paso 1. Por ejemplo, la fórmula del agua es H_2O , entonces, el H tiene un peso de 1.0 g. el O de 16.0 g. y sumando los pesos de acuerdo a la fórmula hará un total 18.0 g., entonces, el P.M. del agua es 18.0 g.
3. Calcule la cantidad de compuesto necesario par preparar cada una de las soluciones requeridas. Por ejemplo, para una solución de 250 ml. de sacarosa a 0.40 M.

Fórmula: $C_{12} H_{22} O_{11}$

P.M. = 342 g

M = Mol/l de sln.

1 mol de sacarosa = 342 g

1 mol - 342 g

0.40 mol - X

X = 136.8 g

entonces, 250 ml = 250 ml (1l/10³ml)(136.8g/1l) = 34.2 g

La cantidad de azúcar (sacarosa) necesaria para 250 ml de solución 0.40 M es de 34.2 g.

4. Mida las cantidades obtenidas matemáticamente de cada sustancia con los respectivos aparatos y haga las soluciones.
5. Prepare nueve (9) cajas de cartón o palanganas de plástico con tierra, echándoles igual cantidad de tierra a cada uno.
6. Siembre a una distancia de 5 cm. entre sí, semillas de frijol en 3 de las 9 cajas o palanganas, igualmente proceda con semillas de maíz y de rábano (3 cajas para cada una).
7. Cada una de las cajas o palanganas que contengan maíz, rábano y frijol rotúlelas y señale con lo que vayan a ser regadas (agua, soluciones de vinagre o cal) para no provocar confusiones.
8. Las soluciones de vinagre y de cal serán utilizadas en el riego de las plantas. Al momento de regar las plantas debe echarles a todas las muestras la misma cantidad de solución.
9. Anote las alturas diarias y las observaciones que realice.
10. Elabore gráficos de barra simple y compuesta con los datos

diarios.

11. Analice y explique los resultados obtenidos.

Resuelva las siguientes situaciones:

1. Cuáles semillas se desarrollaron más en agua?
2. Cuáles semillas se desarrollaron más en vinagre?
3. Cuáles semillas se desarrollaron más en cal?
4. Cuántas semillas de rábano lograron crecer en cada una de las soluciones?
5. Cuántas semillas de maíz lograron crecer en cada una de las soluciones?
6. Cuántas semillas de frijol lograron crecer en cada una de las soluciones?
7. En cuál medio hubo menos semillas germinadas?
8. De qué tipo fueron las semillas que poco germinaron?

Respuestas Sugeridas:

1. Las que recibieron agua directa.
2. En vinagre se desarrollarán únicamente las semillas de frutos ácidos.
3. En cal se desarrollarán todas las semillas, pero tendrán mayor vigor las semillas de dicotiledones.
4. Sujeta a los resultados experimentales.
5. Sujeta a los resultados experimentales.
6. Sujeta a los resultados experimentales.
7. En el medio ácido.
8. Sujeta a los resultados experimentales.

La Competencia Interespecífica como Factor Limitante
en la Distribución de las Plantas

Introducción:

Las plantas están constantemente en interacción y la presencia de otros organismos suele limitar la distribución de algunas especies a través de la competencia, que tiene lugar entre dos especies cualesquiera que emplean el mismo tipo de recursos y viven en hábitats semejantes. No es necesario que exista una relación estrecha entre dos especies para que surja la competencia entre ellas. Por ejemplo, pájaros, roedores y hormigas compiten por las semillas, en los ambientes desérticos. Es frecuente que la competencia entre los animales corresponda a los alimentos, y la de las plantas a luz, agua y nutrientes.³⁴

Dos especies que compiten por un recurso escaso resultarán beneficiadas por el surgimiento de diferencias que disminuyan su competencia. La ventaja consistiría en aumento del tamaño, promedio de la población de cada especie y, supuestamente, la disminución en las probabilidades de extinción. En muchos casos es imposible que surjan diferencias de este tipo.³⁵

Las áreas geográficas de distribución de dos especies

³⁴ Krebs, Charles J. Op. Cit.

³⁵ Idem

competidoras, suelen no traslaparse en absoluto, sino encontrarse en un límite bien demarcado cuando la competencia es muy intensa.³⁶

Los organismos atrapados en una red competitiva sólo tienen una opción: permanecer y luchar.

Los bosques de coníferas figuran entre las regiones productoras de madera más importantes del mundo³⁷ y Honduras tiene en sus bosques un 66% de coníferas. Entonces, la importancia del pino para la población y el Estado de Honduras es el ingreso económico que genera; es el recurso más accesible y de menor costo en la elaboración de viviendas, principalmente en las zonas rurales y, en menor escala, como fuente de energía calorífica para cocinar. En este último aspecto, es donde el *Quercus* proporciona su mayor utilidad, ya que contiene un alto grado de energía calorífica.

En la interacción pino-roble o pino-encino sale perjudicado el pino por el roble o encino y siempre que entran en competencia resultará afectado el pino, ya que el roble o el encino "alteran" las áreas donde se van ubicando.

Los suelos de Honduras son de vocación forestal y sobresale la competencia entre dos géneros de plantas como son los Pinos y los *Quercus*, siendo importantes ambos por la utilidad que ofrecen, es necesario penetrar en el proceso de competencia que ocurre entre estos géneros.

³⁶ Krebs, Charles J. Op. Cit.

³⁷ Daubenmire. Op. Cit.

El presente módulo se orienta a comprender el proceso de competencia que ocurre específicamente entre Pinos y Quercus desarrollando dos actividades con las cuales se logrará relacionar el fenómeno. En la primera actividad se pretende recopilar datos de dos áreas: una de ellas comprendiendo el área que proyecta la sombra de la copa de un árbol y otra área igual, pero sin el árbol. Con lo anterior se podrá diferenciar y explicar la competencia, particularmente entre plantas. La segunda actividad permite observar la influencia de la sombra de un árbol más allá del perímetro de la copa, bajo la acción del movimiento del sol, al medir la sombra por la mañana y por la tarde se obtendrán datos para lograr conocer cómo afecta a la vegetación circundante.

Principales Conceptos:

- Competencia: Es la interacción en la cual dos o más organismos tratan de obtener el control de un recurso limitado.
- Distribución: Presencia de especies en determinados lugares.
- Población: Grupo de individuos de una sola especie que se reproducen entre sí.
- Especie: Tipo particular de planta o animal, que mantiene su distribución de otros tipos en la naturaleza, durante un período de muchas generaciones sucesivas.
- Las Coníferas: Son por lo general árboles, con menos frecuencia arbustos, típicamente con ramificación excurrente

(esto es, con un eje central bien definido y ramas laterales más pequeñas).

Objetivos del Módulo:

- Explicar la competencia con los resultados de la observación de ejemplos de la naturaleza.
- Tabular datos obtenidos en la observación del proceso de competencia
- Elaborar gráficos de barra simple y compuesta y/o de curva con la información recopilada.
- Aplicar funciones trigonométricas en trabajos ecológicos.
- Medir la altura de un árbol con material y procedimiento sencillo.

ACTIVIDAD NO. 1

Análisis de Vegetación en Areas con
Competencia Superpuesta y Competencia Abierta

Teoría Resumida:

Las plantas aunque carentes de locomoción tal y como la tienen los animales, también tienen que obtener los elementos necesarios para su desarrollo y reproducción. Cuando un elemento o recurso necesario para determinada especie de planta lo es también para otra y, si además es escaso en dicho lugar, habrá

entonces un proceso mediante el cual se apropiarán de ese elemento o recurso y es allí donde comienza la competencia. La competencia se da por muchas situaciones: espacio, luz, agua, nutrientes, etc..

Materiales:

Metro, lápiz, lápices de color, papel, regla.

Nivel Sugerido:

Ciclo Común de Cultura General y Ciclo Diversificado.

Objetivos de la Actividad:

- Medir el área de la sombra proyectada por la copa de un árbol, midiendo el radio y utilizando la fórmula πr^2 .
- Contar los tipos de vegetación presentes en el área medida bajo el árbol y en otra área de igual dimensión sin árbol y tabularlos.
- Elaborar tabla de datos y gráficos de barra simple y compuesta y/o curva con la vegetación tabulada.
- Explicar con ayuda de los gráficos lo que es la competencia.

Procedimiento:

1. Forme pequeños grupos de 6 ó 7 personas y escoga un árbol para medirle el diámetro a la sombra de la copa que se proyecta en el suelo.
2. Con el radio que obtuvo calcule el área de la sombra con la

fórmula: $A = \text{Pi } r^2$.

3. Marque bien el perímetro de las dos áreas y anote todos los tipos de vegetación y la cantidad de cada uno en ambas áreas.
4. Describa algunas características que haya observado y haga las diferencias respectivas.
5. Con los datos anteriores haga una tabla de datos y proceda a elaborar los gráficos de barra simple y barra compuesta; este último gráfico relaciona las vegetaciones del mismo tipo de ambas áreas. Haga también gráficos de curva. Coloree los gráficos que requieran de ello.
6. Analice los gráficos y explique lo observado.

Resuelva las siguientes situaciones:

1. En cuál de las dos áreas se encontró más vegetación?
- 2.Cuál área tenía vegetación más desarrollada?
3. Qué características tenía la vegetación en el área del árbol?
4. Qué diferencias sobresalen entre las dos áreas medidas y observadas.
5. Se demuestra la competencia entre estas áreas?
6. Qué importancia tiene el haber medido y trabajado en el área que comprende la sombra de la copa del árbol?

Respuestas Sugeridas:

1. Se encontrará más vegetación en las plantas que reciben luz

- en horas de la mañana.
2. El área con vegetación más desarrollada será la que tiene menos sombra.
 3. La vegetación bajo la sombra del árbol será escasa y de mayor altura porque trata de tener crecimiento rápido para buscar la luz.
 4. La vegetación que recibe luz por la mañana debe ser más abundante que la que recibe luz por la tarde, ya que la sombra proyectada tiene efecto negativo sobre ella.
 5. La competencia que se observará es fundamentalmente por la luz y la distribución-abundancia de plantas marca el efecto de competencia.
 6. Trabajar con las plantas que están directamente bajo la sombra del árbol marca con mayor claridad la competencia que la sombra hace sobre las plantas invasoras.

ACTIVIDAD No. 2

Extrapolación de Areas de Sombra como Factor de Competencia

Teoría Resumida:

La luz es importante para los organismos vivos por dos razones diferentes: en primer término, la emplean como estímulo para la periodicidad de sus ritmos diarios y estacional, trátense de animales o plantas; por otra parte, las temporadas de

reproducción de numerosos animales y plantas están reguladas por las respuestas de los mismos a los cambios en la duración del día y la noche. La segunda razón por la que es importante la luz para los organismos, es por que resulta indispensable para la fotosíntesis, fenómeno por virtud del cual, las plantas transforman la energía solar en energía de enlaces químicos.³⁸

Las plantas reducen la competencia utilizando diferentes partes del ambiente. Algunas utilizan la plena luz del sol, mientras que otras crecen normalmente a la sombra. La intensidad lumínica del suelo de un bosque puede ser de sólo el 1 al 5% de la del campo abierto. Las hojas de las plantas que se desarrollan a la sombra muestran una morfología, una anatomía y una fisiología diferente de las que se desarrollan a campo abierto, aún cuando formen parte de una misma planta. Las hojas de sombra son mayores, más delgadas, contienen menos clorofila por gramo de tejido.³⁹

Materiales:

Cuerda, compás, transportador, regla, clinómetro (ver procedimiento de construcción).

Nivel Sugerido:

Ciclo Diversificado

³⁸ Krebs, Charles J. Op. Cit.

³⁹ Weier, T. Elliot y Otros. Op. Cit.

Objetivos de la Actividad:

1. Estimar la altura de una pared, un árbol y de cualquiera dos puntos verticales frente al observador, utilizando funciones trigonométricas.
2. Calcular el área de la sombra proyectada por un árbol durante horas de la mañana y de la tarde.
3. Comparar la vegetación existente en el área que comprende la sombra de la copa de un árbol con el área de la sombra proyectada (mañana y tarde).

Procedimiento:

- a. Construya un clinómetro rudimentario siguiendo los siguientes pasos:
 - a. Obtenga dos (2) reglas de madera de 12 a 14 pulgadas de largo por 1/2 a 1 pulgada de grueso y de 2 a 3 pulgadas de ancho (estas dimensiones no tienen ninguna importancia, sólo sugerencias, por lo tanto, puede utilizarse cualquier otra dimensión, lo único importante es que las reglas sean rectas).
 - b. Una las dos reglas con un bisagra de manera que las reglas abran hasta quedar rectas (180 grados) y cierren totalmente. (La bisagra quedará en el interior al cerrar las reglas).

Este instrumento le servirá para medir el ángulo de inclinación de dos puntos en el espacio colocados en línea vertical frente al observador.

2. Utilizando el clinómetro construido, estime la altura de una pared así:

- a. Colóquese de 3 a 5 metros de la pared.
- b. Marque un punto sobre la pared de manera que quede al nivel de la vista del observador que utilizará el clinómetro.
- c. Coloque una de las reglas del clinómetro de manera horizontal y dirigiéndola hacia la marca hecha en la pared.
- d. Mueva la otra regla del clinómetro de manera que simultáneamente enfoque con el ojo el punto horizontal y el límite de altura de la pared. (ver esquemas fig.1)
La distancia entre la marca en la pared y el piso se llamara **h**.

La distancia a estimar se llamará **a**. Para estimar **a** se encontrará el ángulo que se forma entre la regla horizontal y la inclinación de la regla que apunta hacia el lugar más alto.

- e. Mida el ángulo en el punto de la bisagra.
- f. Estime **a** utilizando:

$$\tan A = a/b \text{ entonces } \tan A \cdot b = a$$

donde: **a** = valor a estimar

b = distancia de la marca en la pared al ojo del observador en el clinómetro

A = Angulo formado en la bisagra

La altura total estará dada por: **a + h**

3. Mida utilizando un metro, la altura real de la pared.
4. Calcule el error de medición (estimación de altura).
5. Escoja un árbol que suponga tiene entre 5 y 10 metros de altura y aplique el mismo procedimiento para encontrar la altura total.
6. Elabore una gráfica que represente la altura calculada del árbol.
7. Al mismo árbol mídale el radio (distancia del árbol a la orilla de la sombra) que proyecta la copa de la sombra del árbol en el suelo y calcule su área con la fórmula $A = \pi r^2$.
8. Haga un diagrama a escala del árbol al cual le encontró su altura y colocando un transportador en la punta teórica (estimada) del árbol trace líneas que toquen el punto con rayos a 50, 45, 30 y 15 grados, mida (siempre a escala) la distancia de los rayos proyectados, que representan la parte superior de la sombra del árbol (ver esquemas Fig. 2)
9. En cualquier hora de la mañana, temprano, de un día soleado mida la sombra que se proyecta en el suelo, calcule su área y el ángulo en que los rayos del sol intersectan la punta del árbol.
10. Proceda igual que en el paso 9 sólo que por la tarde.
11. Haga dos cuadrados de 1 m. por lado en cada una de las zonas y cuente las plantas presentes en esas áreas. Elabore los cuadros respectivos en los cuales tabule la vegetación encontrada (ver esquemas Fig. 3).

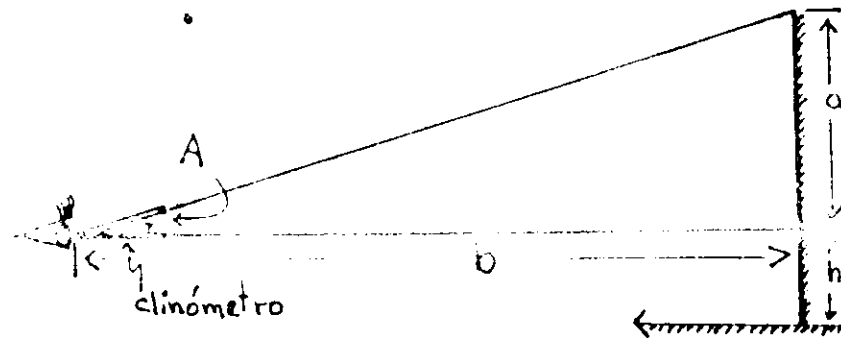


Fig. 1: Estimación de la altura de un objeto utilizando el clinómetro.

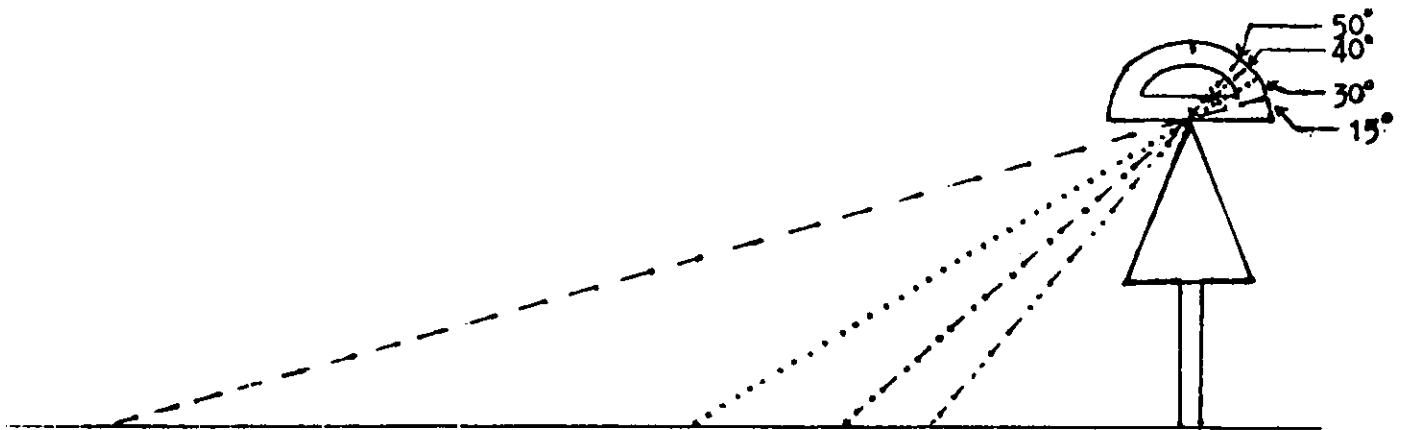


Fig. 2: Dibujo a escala del árbol, su altura estimada con los rayos proyectados en distintos ángulos.

Tipo de sombra	Area	Vegetación dominante	Cantidad	Altura promedio
MAÑANA	1			
	2			
DIRECITA	1			
	2			
TARDE	1			
	2			

Fig. 3: Vegetación dominante de las áreas medidas.

12. Realice los gráficos de barra y coloréelos.
13. Diferencie y explique los resultados obtenidos del análisis de los cuadros y los gráficos.

Resuelva las siguientes situaciones:

1. Cuál fue el porcentaje de error en la medición de la pared? Enumere por lo menos dos causas posibles para este error.
2. Qué importancia tiene agregar el error experimental al medir la pared al valor estimado de la altura del árbol?
3. Qué es error de medición?
4. Qué es error de paralaje?
5. En cuál momento (mañana o tarde) afecta más la sombra del árbol a la vegetación de su alrededor?
6. Cuál de las áreas medidas presentó mayor vegetación?
7. Cómo explica la influencia en las áreas estimadas?
8. Qué otros aspectos observó que demuestran la competencia en las áreas estimadas?
9. Qué comparación se podrá hacer entre la vegetación bajo la sombra de la mañana y bajo la sombra de la tarde?

Respuestas Sugeridas:

1. El porcentaje de error lo obtendrá restando el valor obtenido del valor que mide la pared y aplicando la siguiente fórmula:

V_p = Valor de la pared

V_{obt} = Valor obtenido

$$X\% = \frac{(V_p - V_{obt})}{V_p} (100\%)$$

Las dos causas posibles de error:

- a) Error de medición: El ángulo medido tiene un error de lectura y se refleja en el valor obtenido al hacer el cálculo.
 - b) El error de paralaje: Al utilizar indistintamente los dos ojos como punto de lectura. Para eliminar este error debe utilizarse el mismo ojo en la lectura.
2. El error experimental si es por defecto del valor real de la pared debe sumarle ese porcentaje a la altura del árbol que calcule. Si el error es por exceso deberá restarlo del valor que obtenga de la altura del árbol.
Este tratamiento que le dé a su cálculo le permitirá mayor aproximación al valor calculado.
 3. Es el error experimental de medir, que puede ser debido al aparato o a la manipulación del mismo.
 4. Es el error de visión al utilizar sobre el mismo punto de manera indistinta los dos ojos y no ubicarse (el ojo) en la misma línea horizontal con el punto a medir.
 5. Es de esperarse que el mayor efecto de la sombra sobre la vegetación esté en las plantas que reciben sombra por la mañana.
 6. Es de esperarse que encontrará mayor vegetación en el área que reciben luz solar por la mañana, porque no habrá efecto de la competencia por sombra.

7. La influencia de las áreas bajo sombra se explica como competencia por luz.
8. Otros factores que puede considerar como competencia sería: humedad, nutrientes del suelo y abundancia relativa de unas plantas sobre otras. Las plantas que presentan mayor abundancia tienen un ritmo de crecimiento mayor y serán por ellos las plantas dominantes.
9. El tamaño y la abundancia de unas plantas sobre otras son los parametros de comparación a tomar en cuenta.

Sugerencias:

Los clinómetros pueden ser mejorados, de acuerdo a la capacidad de la institución, para obtener resultados más precisos.

La Sucesión Ecológica en Algunas Plantas

Teoría Resumida:

Todas las comunidades vegetales son transitorias en términos de tiempo geológico. Cuando el tiempo es considerado en términos de décadas o siglos, algunas comunidades vegetales son estables, perpetuándose a sí mismas indefinidamente sin un cambio significativo, mientras que otras son transitorias, dando lugar a una sucesión de otras comunidades antes que se alcance una estabilidad relativa. Incluso las comunidades más estables actualmente están en un equilibrio delicado y en un constante cambio cercano al equilibrio a medida que los organismos viejos mueren y son reemplazados por nuevos.

Las sucesiones en campos viejos abandonados, es una sucesión secundaria común. Las primeras plantas que invaden un campo abandonado, por lo común son hierbas anuales. Estas plantas dependen de su capacidad para invadir rápidamente cualquier suelo que no esté cubierto por vegetación.⁴⁰

Principales Conceptos:

- Sucesión: Reemplazamiento de una clase de comunidad de organismos con una comunidad diferente, después de

⁴⁰ Cronquist, Arthur. Op. Cit.

algún tiempo.

- Comunidad: Grupo de plantas y animales que viven en un determinado lugar.
- Comunidad Clímax: Es una etapa de sucesión relativamente estable.
- Sucesión Primaria: Ocurre en un área que no ha sido ocupada anteriormente por plantas.
- Sucesión Secundaria: Comienza en un área que estuvo ocupada anteriormente por plantas.
- Comunidad Pionera: Es la combinación primera de plantas, animales y descomponedores que entran durante el proceso de sucesión. Estas plantas nuevas retardan la pérdida del agua, proveen comida y abrigo para otras plantas, animales y descomponedores nuevos.
- Descomponedores: Las bacterias u hongos que causan el pudrimiento (descomposición) o decaimiento del material orgánico.

Objetivos del Módulo:

- Observar la sucesión de hierbas en un porta objetos a través del microscopio en un corto tiempo.
- Descubrir la sucesión en lugares donde existen hierbas, utilizando una muestra de terreno de un metro cuadrado durante cuatro (4) semanas.

ACTIVIDAD NO. 1

Sucesión sobre un Porta-Objetos

Materiales:

Un microscopio, un corcho, porta objetos, beaker de 250 ml, mezcla de agua y hierba, especimen del estanque o agua del acuario - 200 ml, cinta (tape), hoja de rasurar, papel aluminio.

Nivel Sugerido:

Ciclo Común de Cultura General y Ciclo Diversificado.

Objetivos:

Al finalizar la actividad el estudiante será capaz de:

1. Observar distintas clases de organismos presentes en un porta-objetos a través del microscopio.
2. Identificar a través del microscopio el reemplazo de estos organismos anteriores por otros en un tiempo de dos (2) semanas.

Procedimiento:

- a. Haga un corte (aproximadamente a medio camino) en la parte angosta del corcho; coloque en el porta-objeto el corcho.
- b. Vierta el agua de su mezcla (agua-hierba) dentro de la taza con pico (beaker) y coloque el porta-objeto con el corcho. Cubra flojamente y déjelo por 24 horas.

- c. Después de las 24 horas examine el porta-objeto en el microscopio. Trate de identificar cualquier organismo de los que se encuentran en la lista de organismos de agua dulce. Haga una lista de estos. Coloque el porta-objeto dentro del beaker otra vez.
- d. Después de dos días, repita el procedimiento c.⁴¹

Resuelva las siguientes situaciones:

1. Cuántas clases de organismos vió después de 24 horas? y después de 48 horas?
2. Después de 24 horas los organismos fueron los mismos? si es así, que clases de organismos observó?
3. Lo anterior cambió después de 48 horas? Cómo?
4. Qué pasó en el agua entre sus dos observaciones?

Respuestas Sugeridas:

1. El número de organismos después de 48 horas al igual que la cantidad de clases de organismos, disminuirá por efecto de competencia y desplazamiento.
2. Si los organismos que observa a las 24 horas son los mismos, le indica que la competencia no es un factor fuerte.
3. En 48 horas tanto la clase de organismos como la cantidad de ellos disminuye considerablemente.
4. El agua comienza a tomar turbidez a medida que progresa la

⁴¹ Odum, Eugene P. Ecology. N. Y. Rinehart and Winston. 1,973.

competencia.

ACTIVIDAD No. 2

Sucesión en un Terreno Cubierto por Hierbas

Materiales:

Metro, cuatro estacas, cabuya.

Nivel Sugerido:

Ciclo Común de Cultura General y Ciclo Diversificado.

Objetivos:

Descubrir la sucesión en lugares donde existen hierbas utilizando un tiempo de 4 semanas.

Procedimiento:

1. Determine un lugar específico en el cual se encuentren hierbas.
2. Una vez seleccionado el terreno, marque un área aproximada de un metro cuadrado utilizando una cabuya y cuatro estacas.
3. Haga una lista o un dibujo de todas las plantas que crecen en dicho lugar.
4. Regrese al área después de una semana y realice otra lista o dibujo. Qué pasó?

5. Repita el procedimiento anterior durante varias semanas.⁴²

Resuelva las siguientes situaciones:

1. Qué pasaría si no se cortan las hierbas en sus huertos o alrededor de las flores?
2. Qué clases de plantas crecen en un jardín después que los vegetales mueren?

Respuestas Sugeridas:

1. Las hierbas en los jardines y huertos compiten con las plantas sembradas y deseables, y al no quitarlas hacen que las plantas se debiliten e incluso pueden eliminarlas.
2. Las plantas que aparecen primero son gramíneas y plantas emergentes de rápido crecimiento y alta abundancia.

⁴² Odum, Eugene P. Op. Cit.

Proceso Alelopático entre Plantas de Arroz y Frijol

Teoría Resumida:

Algunos organismos en particular las plantas suelen estar limitadas en cuanto a su distribución por "venenos", antibióticos o agentes alelopáticos.

La acción de la penicilina en los microorganismos es un ejemplo clásico de este concepto. El interés en las secreciones tóxicas surgió de la consideración de la enfermedad del suelo. En el siglo XIX se observó que si se cultivaba de manera continua una parcela con una sola planta disminuían las cosechas y no era factible incrementarla al agregar fertilizante. De Candolle ya en 1,832 planteó que los efectos deteriorantes del monocultivo podrían vincularse con secreciones tóxicas de las raíces.

La producción para inhibir el crecimiento de las plantas vecinas parece una estrategia evolutiva conveniente para las plantas. El estudio de los agentes alelopáticos es actualmente un campo muy activo de investigación en la Ecología Vegetal y sabemos qué tan frecuente es el uso de tales toxinas.

Las limitaciones bioquímicas a la producción de las mismas deben ser significativas, ya que una planta dada no obtendrá beneficios de tal producción si es sensible a sus propias toxinas

o si estos últimos inhiben el crecimiento de sus retoños.⁴³

Principales Conceptos:

1. La alelopatía es la influencia de las plantas entre sí, excluyendo a los microorganismos que resultan del producto del metabolismo.
2. Las sustancias que inhiben el crecimiento de las plantas vecinas se conoce como toxinas.

Objetivos:

1. Observar la interacción entre dos plantas diferentes (arroz y frijol) creciendo en un mismo fitotrón.
2. Inferir las causas que conducen a la interacción.
3. Analizar las interacciones de desplazamiento y predominio de una especie como una alelopatía.

Nivel Sugerido:

Ciclo Diversificado

Materiales:

Semillas de arroz, semillas de frijol, agua, tierra, palanganas de plástico.

Procedimiento:

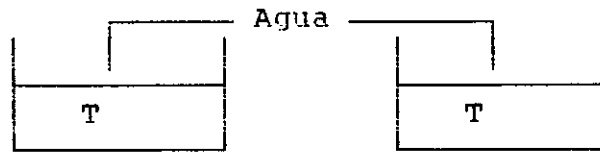
1. Recoja una muestra de tierra (suficiente para 11

⁴³ Krebs, Charles J. Op. Cit.

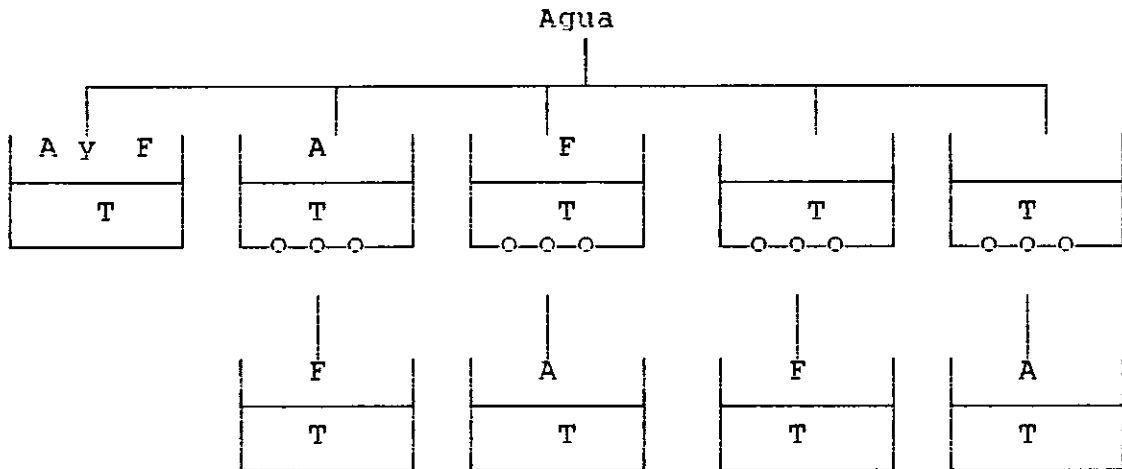
- palanganas).
2. Mezcle varias veces (revuélvala) hasta que toda la muestra parezca homogénea (color, textura, humedad, etc.).
 3. Divida en 11 partes la muestra para colocar cada parte en un palangana.
 4. De las 11 palanganas hágale agujeros a 4 de ellas.
 5. Siembre en 4 palanganas (1 que esté perforada) semillas de arroz a poca profundidad y dejando un espacio entre ellas de cinco centímetros.
 6. Siembre en 4 palanganas (1 que esté perforada) semillas de frijol a poca profundidad y dejando un espacio entre ellas de cinco centímetros.
 7. Siembre en 1 palangana (sin perforar) semillas de arroz y frijol, siempre a poca profundidad y dejando un espacio entre ellas de cinco centímetros, siembre alternando las semillas (A, F, A, F, etc.).
 8. Las dos (2) palanganas restantes (perforadas) sólo tendrán tierra.
 9. Coloque las palanganas de la forma que se indica en el esquema.

ESQUEMA

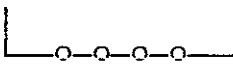
Grupo Control




Grupos Experimentales



Indicador: A = Arroz; F = Frijol; T = Tierra

Palangana perforada 

Palangana sin perforar 

NOTA: Las palanganas perforadas deben ubicarse sobre las otras palanganas indicadas en el esquema, de manera que el agua que salga de ellas caiga en las de abajo; entonces, sólo recibirán agua directamente las muestras de grupo control, la sembrada con arroz y frijol y las palanganas perforadas.

10. Agregue agua todos los días, por la mañana, a las palanganas, tal y como se indica en el esquema dado en el paso nueve, durante el período de dos semanas.
11. Anote desde el inicio y lleve registro de lo siguiente:
Semillas sembradas, semillas germinadas, número de plántulas cada día.
12. Elabore tablas y gráficos de los resultados y observaciones que realice.

Resuelva las siguientes situaciones:

1. Qué sucedió con la muestra de frijol de la palangana ubicada debajo de la que contenía arroz?
2. Qué sucedió con la muestra de arroz de la palangana ubicada debajo de la que contenía frijol?
3. Afectó el suelo a las muestras de arroz y frijol que tenía ubicadas debajo? Explique cada caso.
4. Cuál fue el resultado de la palangana que contenía semillas de arroz y frijol juntas?
5. Explique cómo se manifiesta la alelopatía entre estos dos géneros.

Respuestas Sugeridas:

1. Las plántulas de frijol bajo plantas de arroz tienen un crecimiento muy retardado.
2. Las plantas de arroz bajo plantas de frijol no muestran un efecto adverso del frijol sobre el arroz.

3. Los suelos debajo de plantaciones de arroz muestran efectos adversos para el crecimiento de los frijoles.
4. Los siembros mixtos de arroz y frijol muestran una predominancia del arroz sobre el frijol.
5. La alelopatía se manifiesta por el crecimiento del arroz con efecto adverso sobre el frijol.

Sugerencias:

Las palanganas plásticas a utilizarse en este módulo pueden ser sustituidas por material más accesible, según la región. Por ejemplo, cajas de carton, haciéndoles una base de madera o un marco a las que se cuelguen.

El Factor pH en la Interacción Pinus-Quercus
como una causa de Competencia, Alelopatía y Sucesión

Introducción:

Este módulo se ha desarrollado con el fin de que pueda ser aplicado en cualquier otro lugar donde se encuentre pino y roble.

Los datos numéricos que se obtengan estarán basados en un análisis de cuadros en los cuales se toma como base fundamental el factor del pH determinante en las interacciones entre el pino y el roble.

Se da a conocer el período de tiempo en que ocurre la competencia, sucesión y alelopatía, a través de una serie de comparaciones de los cuadros que se analicen.

La naturaleza, por sí sola, guarda un equilibrio que sólo es interrumpido por la acción del hombre, al tratar de evitar o mejorar alguna situación que le sea inherente.

Entre los animales y entre las plantas ocurren diversas formas a través de las cuales se trata de mantener el equilibrio. Una de ellas es la competencia, que puede ser intraespecífica o interespecífica.

Los vegetales compiten por agua, luz, nutrientes, espacio, etc., y puede suceder entre vegetales de la misma especie o entre vegetales de diferentes géneros o especies.

Algunas plantas al entrar en competencia utilizan en su

"lucha" agentes tóxicos o venenos que son enviados al suelo por medio de las raíces o a través de las hojas que al caer y podrirse secretan estos agentes.

Este fenómeno que es prolongado, recibe el nombre de alelopatía. La especie que logra triunfar en el proceso de competencia se implanta en el terreno, desplazando a la otra. Con el paso del tiempo, este proceso se convierte en una sucesión, en la cual se ha eliminado del área la especie que no pudo mantenerse exitosamente en la competencia.

Los Pinus y los Quercus son géneros vegetales que entran en competencia, y en un lugar donde hayan ambos géneros se logrará observar el avance de este proceso y transcurrido un período largo de tiempo (varios años) se verá el desplazamiento de los Pinus por los Quercus.

En las investigaciones el manejo de datos para interpretar y comprender los resultados, se hace necesario utilizar algunos procesos estadísticos y entre éstos está la media, la desviación (absoluta), la desviación (absoluta) al cuadrado.

La media se define como la suma de un conjunto de puntajes dividido entre el número total de puntajes del conjunto y se expresa por la fórmula:

$$\bar{X} = EX/N \text{ donde}$$

\bar{X} = la media (léase x barra)

E = la suma (expresada como letra mayúscula griega sigma)

X = un puntaje no procesado en un conjunto de datos.

N = el número total de puntajes en un conjunto.

La media se considera el punto alrededor del cual las desviaciones positivas y negativas de cualquier distribución se equilibran.

La desviación (absoluta) es el resultado de restar a cada uno de los puntajes no procesados de un conjunto su respectiva media ($X - \bar{X}$).

La desviación (absoluta) al cuadrado se obtiene al multiplicar por sí mismo el valor de la desviación absoluta $(X - \bar{X})^2 = (X - \bar{X})(X - \bar{X}) = Da^2$; la media de estas desviaciones se obtiene de sumar todos los valores y dividirlos entre el total de puntajes no procesados.

Con el presente módulo se pretende recopilar información de la interacción Pinus-Quercus midiendo el pH y de esa manera comprender y explicar los conceptos de competencia, alelopatía y sucesión con las causas y consecuencias biológicas, económicas y sociales que esto conlleva.

Principales Conceptos

- Competencia: Fenómeno que tiene lugar cuando un número de organismos de una o varias especies utilizan recursos comunes que son escasos.
- Competencia interespecífica: Se da entre dos o más especies diferentes.
- Competencia intraespecífica: Ocurre entre miembros de la misma especie.
- Sucesión: Es la sustitución de un tipo de comunidad por

otro.

- Alelopatía: Influencia de las plantas entre sí, que resulta de los productos del metabolismo; interacción "antibiótica" entre las plantas.
- Pinus: Por lo general son árboles grandes, ya sea piramidales o de copas planas. Las hojas son similares a agujas y crecen dos o más juntas en grupo o fascícula que tiene una vaina en la base. Los conos varían considerablemente en tamaño y forma.
- Quercus: Arbol cupulífero (planta dicotiledónea, hojas sencillas, flores monoicas), de hojas caedizas, flores masculinas en amentos largos y femeninas en amentos reducidos.

Materiales

Metro, bolsas plásticas (12), papel indicador universal, recipientes pequeños (12), agua.

Nivel Sugerido

Ciclo Diversificado

Objetivos

1. Establecer un grupo control de pH en muestras de hojas de roble o encino, pino y muestras mixtas.
2. Establecer un grupo control de pH en suelos con pino, con roble o encino y con bosque mixto.
3. Medir el pH de muestras de hojas en descomposición de pino,

- de roble o encino y mixtas (roble-pino o encino-pino).
4. Medir el pH de muestras de suelo con: bosque de pino, bosque de roble o encino y bosque mixto (roble-pino o encino-pino).
 5. Medir el pH de las muestras de hojas en descomposición a diferentes intervalos de tiempo (1 hora, 24 horas, 1 semana, 2 semanas, 1 mes, 3 meses, 6 meses)
 6. Comparar los resultados obtenidos en las muestras de hojas a 1 hora y 24 horas, 24 horas con una semana, 1 semana con 1 mes, etc..
 7. Inferir sobre los resultados de pH en muestras y los grupos control.
 8. Explicar mediante tratamiento con estadística descriptiva (media y desviaciones) en los valores obtenidos de pH los indicios de competencia, sucesión ecológica y alelopatía.
 9. Inferir las consecuencias biológicas, económicas y sociales de la sucesión de los bosques de pino por bosques de roble.

Procedimiento

1. Seleccione una población vegetal en la que haya bosque de pino, bosque de roble o encino y bosque mixto (roble-pino o encino-pino), recoja muestras de los suelos de estos bosques rotúlelos como grupos control.
2. Recolecte hojas de pino, roble o encino para muestras de grupo control.
3. Marque cuatro áreas de 1 m² de bosque de pino, cuatro de bosque de roble o encino, cuatro de bosque mixto (pino-roble

o pino-encino).

4. De todas y cada una de las cuatro áreas de cada tipo de bosque recolecte el material orgánico (hojas, ramas) presente en ellas e introdúzcalas en bolsas plásticas.
5. Rotule y enumere cada muestra.
6. Viértales agua diariamente para apresurar la descomposición.
7. El primer día, una hora después de haber echado agua a las muestras, extraiga un poco de solución formada en cada una de las muestras en recipientes individuales. Anote los valores de pH, fecha y hora de medición.
8. Proceda igual, con las muestras a: 24 horas, 1 semana, 2 semanas, 1 mes, 3 meses, 6 meses.
9. A los grupos control también mídale el pH en los intervalos iguales a los de las muestras.
10. Para la observación del proceso de competencia, alelopatía y sucesión ecológica, tome mediciones a 1 hora, y 24 horas de las muestras y compárelas con grupos control y realice mediciones hasta completar los siguientes cuadros:

No. 1: El de Grupos Control

Grupo Control	Ph (1h)*	pH (24h)*
Hojas de roble Hojas de pino Hojas mixtas		
Suelo de roble Suelo de pino Suelo mixto		

* El grupo control quedará a opción del que realiza el experimento.

No. 2: El cuadro que indique la composición de las muestras (Pino, roble o encino y mixto)

Muestra No.	Tipos de Hojas
1	
2	
.	
.	
12	

No. 3: Cuadro del pH de las muestras de hojas a 1h y 24h después de puestas en agua, con las respectivas sumatorias y medias.

Muestra	pH a 1h	pH a 24h
1		
2		
.		
.		
12		
	$\sum X_1 =$ $\bar{X}_1 =$	$\sum X_{24} =$ $\bar{X}_{24} =$

No. 4: Cuadro de las diferencias entre los pH de las muestras a 1h y 24 h.

Muestra	pH a 1h	pH a 24h	Diferencia ($X_1 - X_{24}$)
1			
2			
.			
.			
12			

No. 5: Cuadro de la desviación absoluta de pH de las muestras de hojas a 1 hora.

Muestra	pH a 1h	$D_a (X-\bar{X})$	D^2_a
1			
2			
.			
.			
12			
$\sum X =$ $\bar{X} =$		$\sum D^2_a =$ $\bar{D}^2_a =$	

No. 6: Cuadro de la desviación absoluta de pH de las muestras de hojas a 24 horas.

Muestra	pH a 24h	$D_a (X-\bar{X})$	D^2_a
1			
2			
.			
.			
12			
$\sum X =$ $\bar{X} =$		$\sum D^2_a =$ $\bar{D}^2_a =$	

No. 7: Cuadro de la desviación absoluta de pH de las diferencias en las muestras a 1 hora y 24 horas.

Muestra	Diferencia $pH_1 - pH_{24}$	$D_a (X-\bar{X})$	D^2_a
1			
2			
.			
.			
12			
$\sum X =$ $\bar{X} =$		$\sum D^2_a =$ $\bar{D}^2_a =$	

Del No. 8 al 10: Diferencia entre las muestras a 1 hora con los distintos grupos control de suelo.

Muestra pH	Diferencia de pH Muestra-Gr. control
1	
2	
.	
12	
$\sum X =$ $\bar{X} =$	

Del No. 11 al 13: Diferencia entre las muestras a 24 horas con los distintos grupos control.

Muestra pH	Diferencia de pH Muestra-Gr. control
1	
2	
.	
12	
$\sum X =$ $\bar{X} =$	

11. Al contemplar todos los cuadros proceda al análisis de ellos:

- a) Cuadro No. 1, es el que sirve para comparación
- b) Cuadro No. 2, es el que establece los tipos de muestras
- c) Cuadro No. 3, da una visión general de la acidez en los tiempos medidos.
- d) Cuadro No. 4, muestra el aumento o disminución del pH en los intervalos de tiempo medidos.
- e) Cuadro No. 4, muestra las desviaciones absolutas y al cuadrado de las muestras a 1h, la media que se obtiene

de las desviaciones al cuadrado es el factor de competencia de ese tiempo y los valores iguales o superiores a éste están en competencia.

f) Cuadro No. 6, muestra también las desviaciones y los valores absolutos y el cuadro de las muestras a 24h y la media que se obtiene de las desviaciones al cuadrado de ese tiempo y los valores superiores a éste están en competencia.

g) Cuadro No. 7, indica las desviaciones absolutas y el cuadrado de las muestras a una hora y veinticuatro horas, y el valor que se obtenga de la media de las desviaciones al cuadrado es el factor de alelopatía y sucesión ecológica presente en esa población. Los valores iguales o superiores a ese factor, ya han pasado plenamente el proceso de competencia.

h) Cuadros No. 8, 9 y 10, señalan la diferencia de pH que provocan las muestras medidas a una hora a los grupos control de suelo, en estos cuadros se indica si las muestras aumentan o disminuyen la acidez de los suelos.

i) Cuadros No. 11, 12 y 13, señalan la diferencia de pH que provocan las muestras a 24 horas a los grupos control de suelo, en estos cuadros se indican si las muestras aumentan o disminuyen la acidez de los suelos.

j) Interprete con sus propias palabras las observaciones que realice a los cuadros y adjúntelos a ellos.

12. Anote los resultados que obtenga de medir el pH en los

intervalos de 1 semana, 2 semanas, 1 mes, 3 meses, 6 meses en un cuadro como el del No. 3 del paso diez.

Resuelva las siguientes situaciones:

1. Cuál es el pH más bajo obtenido en las muestras a 1h y a cuál pertenece?
2. Cuál es el pH más bajo obtenido en las muestras a 24h y a cuál pertenece?
3. Cuál es el porcentaje de competencia a 1h y cuáles muestras quedan comprendidas en ella?
4. Cuál es el porcentaje de competencia a 24h y cuáles muestras quedan comprendidas en ella?
5. Cuál es el porcentaje de alelopatía y sucesión ecológica y cuántas muestras lo presentan?
6. Cuál es el pH más bajo a: 1 semana, 2 semanas, 1 mes, 3 meses, 6 meses y, a qué muestras pertenecen en cada caso?
7. A cuál medición corresponde la media (\bar{X}) de pH más bajo del paso No. 12?
8. Qué indican las variaciones de pH para suponer que habrá sucesión?
9. Si el 50% de los bosques de pino de Honduras se convirtieran en robledales, qué consecuencias beneficiosas o daños se tendrán a nivel económico para las comunidades y el país? Qué beneficios o daños sociales (abundancia o escasez de leña como energético) habría en aldeas, cacceríos y ciudades de Honduras?

10. Sería beneficioso o perjudicial que se aumentaran los robledales o se disminuyeran los pinares?
11. Establezca algunas medidas que deben tomarse para que exista equilibrio entre los pinares y los robledales.
12. Establezca algunas medidas que deben aplicarse para aumentar los pinares si el valor económico del pino fuera mayor que el roble.
13. Qué importancia biológica tienen la competencia, la alelopatía y la sucesión?
14. Cuándo diría que hay competencia, pero no sucesión?
15. Cuándo diría usted que ha llegado a tener alelopatía?

Respuestas Sugeridas:

Unas están sujetas a los resultados y otras son respuestas abiertas.

VALIDEZ DE LOS MÓDULOS

Con el objetivo de cualificar los módulos y de demostrar su utilidad y comprensión, se aplicaron algunas de las actividades en ellos planteadas, obteniéndose resultados que permiten afirmar que éstos no contienen un vocabulario que exceda el nivel cognocitivo del educando, ni que el material, sustancias o equipo, sea difícil de conseguir dentro de un área o zona determinada, pudiéndose, además, mejorar o modificar algunos aspectos de lo anteriormente planteado.

También los resultados permiten realizar una extrapolación para las otras actividades de los módulos, concluyéndose que los objetivos pueden ser logrados en un 80% como mínimo.

CONCLUSIONES

1. Mientras un recurso o elemento no escasee, ambos géneros no entran en competencia.
2. La cantidad de luz que el roble necesita es tres veces menor que la del pino, logrando el roble mayor crecimiento individual y poblacional.
3. Según investigaciones realizadas anteriormente, demuestran que los Quercus pueden competir bajo condiciones moderadas de clima y hábitat, dando como resultado una mayor resistencia de éste en comparación con los Pinus.
4. Un factor importante en la distribución de organismos es la complejidad de características geográficas que en ciertos casos actúa de forma favorable y en otras de forma adversa.
5. La acidez de las hojas modifica el pH de los suelos en que se encuentran, con el fin de que la planta logre vivir en ese hábitat.
6. El principal factor que provoca el desplazamiento del pino por el roble es la variación de pH que sufre el suelo por la acción de éste último (roble).
7. La competencia se lleva a cabo en el tiempo de una hora, y desde el momento que las hojas caen al suelo empiezan a alterar el pH.
8. La alelopatía de los Quercus sobre los Pinus se manifiesta en un intervalo de tiempo de 1 a 24 horas, ya que las

- plantas están constantemente eliminando sustancias tóxicas.
9. La utilización racional del roble o encino como fuente de energía calorífica, tiende a mantener un equilibrio entre pinos y robles o encinos; si no se hiciera uso de los robles o encinos, entonces, estos provocarían la desaparición de los pinares en zonas de competencia.
 10. Los módulos además de ser una metodología dinámica, para enseñar Ciencias Naturales, ayudan a concientizar sutil y objetivamente a los educandos en el aprecio y cuidado de la flora; la comprensión del proceso biológico que se da entre Pinus y Quercus e inferir las repercusiones socio-económicas que conllevan al eliminarse uno de plantas por alelopatía manifiesta.
 11. La aplicación de ciertas actividades de los módulos en algunos colegios dió resultados provechosos, demostrándose la aplicabilidad de los mismos en cualquier institución educativa donde haya o se pueda realizar lo planteado en ellos.

A N E X O S

A N E X O N O. 1

El Módulo en la Enseñanza

Por varios años se ha reconocido que los estudiantes aprenden de diferentes maneras, sin embargo, todos los miembros de una clase deben cumplir la expectativa de aprender el mismo material, en la misma cantidad de tiempo, desconociendo en la mayoría de los casos las razones por las que aprende el material y en muchos casos no recibe de su profesor los objetivos precisos ni la secuencia en la cual deben aprender el material.

Al principio de haberse reconocido esta dificultad muchos educadores se dedicaron a elaborar materiales que fueron bautizados con el término general de enseñanza personalizada y en la mayoría se desarrollaron cursos completos, capítulos o tópicos mediante enseñanza programada, máquinas de enseñanza o en casos de mayor tecnología enseñanza asistida por computadoras. Todos estos programas, no importa la denominación que tomaron fueron siempre enseñanza secuencial de fragmentos para llegar al todo.

En la enseñanza programada se tomaron dos rutas: la programación lineal comenzando de los fundamentos hasta llegar a las conclusiones de lo que se quería o mediante la programación bifurcada, la cual permitía llevar por diferentes rutas a los alumnos, hasta que estudiaran y aprendieran el material que se quería enseñar, dándole una ruta más corta a los que ya tenían

conocimientos básicos y rutas alternas de reforzamiento a los que tenían dificultad o carecían de los conocimientos básicos.

Los pioneros de esta enseñanza, utilizando máquinas de enseñar y cintas de audio (cassette) fueron el Dr. B. Skinner en la Universidad de Harvard y el Dr. S. Postlethwait en la Universidad de Purdue; el primero con cursos de Psicología y el segundo con cursos de Botánica. En 1,968 los profesores del departamento de Botánica desarrollaron una modificación a los cursos de Botánica a la cual le llamaron paquetes de instrucción o paquetes de actividades de aprendizaje y en 1,975 cambian el nombre por enseñanza modular.

El módulo en sus orígenes es un paquete instruccional que trata de unidades conceptuales individuales con el fin de que el estudiante elija dentro del paquete aquellas actividades que le sean más difíciles de entender a nivel de lectura y para ello le diseñan secuencias de actividades que pueda desarrollar solos o en grupo, pero que llegue al dominio completo del paquete. Los módulos en la década del '70 son casi modificaciones drásticas a la enseñanza programada donde el estudiante controla el ritmo e intensidad de estudio. La longitud de los módulos varía de minutos a varias horas en períodos de clase o en sesiones adicionales a nivel individual o de grupo.

En 1,982 James Russell, de la Universidad de Minnesota, toma la ventaja que los paquetes modulares de Botánica han dado a los estudiantes de esos cursos, e introduce en la literatura la palabra módulo como segmentos de aprendizaje para diferentes

niveles, en donde el estudiante no tiene que seguir una secuencia si no que sin importar el orden en que ejecute sus actividades llegará a cumplir los objetivos del módulo.

Los módulos de esta época son acciones que presentan la oportunidad de desarrollar, evaluar y utilizar una variedad de medios y estrategias para que el aprendizaje sea óptimo en cualquier tópico.

El enfoque de los módulos de Russell pueden ser cuidadosos y deliberadamente establecidos en secuencias, pero incluye al final de cada una de las actividades tareas que estimulan al estudiante a inferir y no solamente a resolver situaciones planteadas como lo hacía la instrucción programada.

En este aspecto, los módulos de Russell toman una técnica de enseñanza flexible, con mucha libertad de parte del estudiante con participación activa de los miembros de los grupos y con un papel de crítica y de estímulo por parte del profesor, así como la interacción entre estudiantes para resolver tanto las actividades como los retos que se le plantean al final de cada actividad. El Dr. Russel considera que la técnica de enseñanza por iguales se está perdiendo en los estudiantes de Botánica y cada día la Botánica se está volviendo una materia de memorización y de aprender latín. El aprendizaje por iguales y los módulos como una aplicación de esa técnica conlleva a que el estudiante sea inquisitivo y no se conforme con un resultado, sino que busque las causas y consecuencias de las actividades que realice.

En las primeras etapas del uso de los módulos los profesores de la Universidad de Minnesota, consideran que el estudiante debe ser expuesto al proceso que sigue el investigador de ciencia y el investigador de las ciencias de las plantas como: Taxonomía Vegetal, Ecología Vegetal, Anatomía Vegetal y quizá todas las otras ciencias como Zoología, Antropología, Etnología, Geografía y cualquiera que quiera entender y explicar cómo funciona la naturaleza ya que los textos y los resultados de investigaciones sólo presentan el punto de vista de los autores y el estudiante de ciencias no debe ser simple receptor de resultados, sino generador de problemas y soluciones. El papel del maestro al usar los módulos es el de un crítico de los trabajos de los jóvenes estudiantes de ciencias, sean naturales o generadas por el hombre como las modificaciones geográficas de nuestro mundo. El profesor debe darle a los módulos una interacción humana. Los errores y las críticas son la base del aprendizaje. Se debe ser un crítico fuerte de los errores y de los éxitos ya que el entender los procesos biológicos no es aceptar conclusiones, sino encontrar las razones por las cuales se llega a esas conclusiones. La carencia de experiencia en los estudiantes no es una excusa para volver la enseñanza de la ciencia una zona árida en donde todo ya está dado en los libros; el módulo es la opción de la libertad, es donde el alumno encuentra que su profesor tiene conocimiento adquirido, fuente de información conocida, pero también posee vacío de interpretación, vacío de conocimiento y fundamentalmente tiene las deficiencias necesarias

para hacer crecer las ciencias.

Estructura de los Módulos

Los módulos parten de una suposición básica: "Lo que quiero enseñar está claro en la mente del profesor. Lo que quiero que el alumno aprenda está claro en el módulo que le presento". Esta suposición hace que el módulo tenga tres partes absolutamente precisas:

1. Una información suficiente de lo que quiere que aprendan.
2. Objetivos del módulo y de las actividades escritos de manera precisa.
3. Una serie de situaciones que el alumno sólo o en grupo plantee con la lógica que la investigación científica requiere.

En general, los módulos están escritos con el siguiente esquema:

- A) Información sobre el módulo
- B) Objetivos del módulo
- C) Actividades
 - C.1. Objetivos de cada actividad
 - C.2. Procedimientos a seguir
 - C.3. Retos a resolver
- D) De manera opcional podemos poner una autoevaluación
- E) De manera obligatoria al completar el módulo se debe tener sesiones de crítica entre grupos con el cuidado de no tomar

ninguna conclusión, ni ningún resultado como un fracaso: todos los resultados son éxitos.

- F) Para Russell, el módulo ha sido para los profesores de Minnesota y para todos los colegas que lo han utilizado en Biología y en Ciencia la mejor manera para formar los pensadores de Ciencia que necesitamos, los que hoy nos dedicamos a ella (Ciencia).
- G) La estructura del módulo debe llevar a los estudiantes a un alto nivel de logro académico, a un alto grado de sociabilidad y a bajar o eliminar ese grado de ansiedad que le hemos heredado a los que se han visto forzados a memorizar ciencias.

Si esta estructura y estas sugerencias hacen del módulo una manera de enfocar el aprendizaje de las ciencias como el logro de las actividades placenteras para el profesor y el estudiante, el módulo será en el futuro la mejor vía para tener comportamiento observable y pensamiento claro entre hacer ciencia y recitar ciencia.

Los módulos así planteados, tienen una aplicación muy amplia y pueden incorporar una variedad de medios para aprender y quizá su aporte más valioso es que pueden ser utilizados en el crecimiento académico y la enseñanza de nuestras escuelas primarias, secundarias y universidades.

Cinco Principios Básicos de la utilización de los Módulos

1. El módulo permite el mejor uso del tiempo del profesor.

La experiencia en el uso de los módulos en Biología, en general, ha dado a los estudiantes la oportunidad de aprovechar en mejor forma el tiempo de enseñanza del profesor, ya que como un crítico y como facilitador da a cada grupo lo que ellos necesitan y evita el dar generalidades a la clase entera.

2. El módulo permite el mejor uso del tiempo del estudiante.

Al presentar el módulo la información requerida por las actividades del mismo, hace que el estudiante sepa con claridad el material que va a cubrir y puede leerlo, discutirlo y retroalimentarse individualmente o en grupo.

Si el estudiante o el grupo tienen problema recurren al profesor para resolver ese problema y todos los grupos al final comparten, se ayudan y se incrementan en el aprendizaje.

3. Los objetivos del módulo y de las actividades son absolutamente esenciales.

Los objetivos del módulo y de las actividades definen precisamente lo que el estudiante va a lograr con el módulo. En esta parte se elimina la frustración y la ambigüedad en los profesores cuando queremos enseñar algo y encontramos estudiantes frustrados que no supieron qué queríamos de ellos.

4. Los estudiantes son buenos profesores.

La enseñanza por iguales es una parte integral del sistema de los módulos. En los módulos los estudiantes aplican la costumbre de estudiar y trabajar juntos. El módulo permite que un estudiante le enseñe a otro lo que aquél no entiende y que en grupo logre inferir o entender algo que individualmente hubiera sido difícil.

La enseñanza por iguales permite en el módulo que se elimine la competencia entre estudiantes por aprender y se fomente en los grupos el interés por que todos aprendan.

5. El dominio de los temas es necesario.

Los estudiantes toman al final de cada módulo exámenes orales o escritos y se espera que dominen el material que han estudiado porque sabrán como mínimo lo que los objetivos del módulo y de las actividades quieren que sepan. La evidencia del uso de módulos indica que hay mayor aprendizaje y aproximadamente el 68% de los estudiantes logran el 100% de los objetivos, 31% logran el 90% y solamente un 1% tiene dificultades, lo cual facilita la atención personal a este 1%⁴⁴

⁴⁴ Russel, James. Modular Intruction. Madison University Press. 1,986.

A N E X O N O . 2

Sugerencias Metodológicas del uso de los Módulos

Módulo 1

"El pH como factor físico en estudios ecológicos".

En Ciencias Naturales de III de Ciclo Común de Cultura General:

- Diferencia entre mezcla y combinación
- El papel del suelo como agente transformador de la materia.

En Química de I de Bachillerato en Ciencias y Letras:

- Soluciones con sus titulaciones

En Biología de II de Bachillerato en Ciencias y Letras:

- Ecología y contaminación ambiental

Módulo 2

"La competencia interespecífica como factor limitante en la distribución de plantas".

En Ciencias Naturales de II de Ciclo Común de Cultura General:

- Influencia de ciertos factores bióticos y abióticos en algunos seres vivos

En Biología de II de Bachillerato en Ciencias y Letras:

- Ecología y contaminación ambiental

Módulo 3

"La sucesión en algunas plantas".

En Ciencias Naturales de II de Ciclo Común de Cultura General:

- Uso del microscopio

- Influencia de ciertos factores bióticos y abióticos en algunos seres vivos

En Biología de II de Bachillerato en Ciencias y Letras:

- Ecología y contaminación ambiental

Módulo 4

"Proceso alelopático entre plantas de arroz y frijol"

En Ciencias Naturales de II de Ciclo Común de Cultura General:

- Influencia de ciertos factores bióticos y abióticos en algunos seres vivos

En Biología de II de Bachillerato en Ciencias y Letras:

- Ecología y contaminación ambiental

Módulo 5

"El factor pH en la interacción Pinus-Quercus como una causa de competencia, alelopatía y sucesión"

En Biología de II de Bachillerato en Ciencias y Letras:

- Ecología y contaminación ambiental

LOGARITMOS

P. P.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0000	0043	0086	0129	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4	8	12	17	21	25	29	33	37
11	0414	0452	0492	0531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4	8	11	15	19	23	26	30	34
12	0792	0828	0864	0899	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3	7	10	14	17	21	24	28	31
13	1139	1173	1206	1239	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3	6	10	13	16	19	23	26	29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3	6	9	12	15	18	21	24	27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3	6	8	11	14	17	20	22	25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3	5	8	11	13	16	18	21	24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2	5	7	10	12	15	17	20	22
18	2553	2577	2601	2625	2648	2672	2695	2718	2742	2765	2	5	7	9	12	14	16	19	21
19	2786	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2	4	7	9	11	13	15	18	20
20	3010	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2	4	6	8	11	13	15	17	19
21	3223	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2	4	6	8	10	12	14	16	18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2	4	6	8	10	12	14	16	17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3765	3784	2	4	6	7	9	11	13	15	17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2	4	5	7	9	11	13	15	16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2	3	5	7	9	10	12	14	15
26	4150	4168	4185	4200	4216	4232	4248	4265	4281	4298	2	3	5	7	8	10	11	13	15
27	4314	4330	4346	4362	4378	4393	4409	4425	4440	4456	2	3	5	6	8	9	11	13	14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2	3	5	6	8	9	11	12	14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1	3	4	6	7	9	10	12	13
30	4771	4786	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1	3	4	6	7	9	10	11	13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1	2	4	6	7	8	10	11	12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1	2	4	5	7	8	9	11	12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5275	5289	5302	1	2	4	5	6	8	9	10	12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1	2	4	5	6	8	9	10	11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1	2	4	5	6	7	9	10	11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1	2	4	5	6	7	8	10	11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1	2	3	5	6	7	8	9	10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5855	5866	5877	5888	5899	1	2	3	5	6	7	8	9	10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1	2	3	4	5	7	8	9	10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1	2	3	4	5	6	8	9	10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1	2	3	4	5	6	7	8	9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1	2	3	4	5	6	7	8	9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1	2	3	4	5	6	7	8	9
44	6435	6444	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1	2	3	4	5	6	7	8	9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6600	6609	6618	1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6684	6693	6702	6712	1	2	3	4	5	6	7	8	9
47	6721	6730	6739	6748	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1	2	3	4	5	6	7	8	9
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1	2	3	4	5	6	7	8	9
49	6902	6911	6920	6929	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7067	1	2	3	4	5	6	7	8	9
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1	2	3	4	5	6	7	8	9
52	7160	7168	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	1	2	3	4	5	6	7	8	9
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1	2	3	4	5	6	7	8	9
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9

123

LOGARITMOS

P. P.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7466	7474	1	2	2	3	4	5	5	6	7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1	2	2	3	4	5	5	6	7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1	2	2	3	4	5	5	6	7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1	1	2	3	4	4	5	6	7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1	1	2	3	4	4	5	6	7
60	7782	7789	7796	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1	1	2	3	4	4	5	6	7
61	7853	7860	7866	7873	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1	1	2	3	4	4	5	6	7
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1	1	2	3	4	4	5	6	7
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1	1	2	3	4	4	5	6	7
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1	1	2	3	4	4	5	6	7
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1	1	2	3	4	4	5	6	7
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1	1	2	3	4	4	5	6	7
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8306	8312	8319	1	1	2	3	4	4	5	6	7
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1	1	2	3	4	4	5	6	7
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1	1	2	3	4	4	5	6	7
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1	1	2	3	4	4	5	6	7
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1	1	2	3	4	4	5	6	7
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1	1	2	3	4	4	5	6	7
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1	1	2	3	4	4	5	6	7
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1	1	2	3	4	4	5	6	7
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1	1	2	3	4	4	5	6	7
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1	1	2	3	4	4	5	6	7
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1	1	2	3	4	4	5	6	7
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1	1	2	3	4	4	5	6	7
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1	1	2	3	4	4	5	6	7
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1	1	2	3	4	4	5	6	7
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1	1	2	3	4	4	5	6	7
82	9138	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1	1	2	3	4	4	5	6	7
83	9191	9196	9201	9206	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1	1	2	3	4	4			

TANGENTE NATURAL

A	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	D	A
0	0000	0029	0068	0087	0116	0145	0176	29	89°
1	0176	0204	0233	0262	0291	0320	0349	29	88
2	0349	0378	0407	0437	0466	0495	0524	29	87
3	0524	0553	0582	0612	0641	0670	0699	29	86
4	0699	0729	0758	0787	0816	0846	0875	29	85
5	0875	0904	0934	0963	0992	1022	1051	29	84
6	1051	1080	1110	1139	1169	1198	1228	30	83
7	1228	1257	1287	1317	1346	1376	1405	30	82
8	1405	1435	1465	1495	1524	1554	1584	30	81
9	1584	1614	1644	1673	1703	1733	1763	30	80
10	1763	1793	1823	1853	1883	1914	1944	30	79
11	1944	1974	2004	2035	2065	2095	2126	30	78
12	2126	2156	2186	2217	2247	2278	2309	30	77
13	2309	2339	2370	2401	2432	2462	2493	31	76
14	2493	2524	2555	2586	2617	2648	2679	31	75
15	2679	2711	2742	2773	2805	2836	2867	31	74
16	2867	2899	2931	2962	2994	3026	3057	31	73
17	3057	3089	3121	3153	3185	3217	3249	32	72
18	3249	3281	3314	3346	3378	3411	3443	32	71
19	3443	3476	3508	3541	3574	3607	3640	33	70
20	3640	3673	3706	3739	3772	3805	3839	33	69
21	3839	3872	3906	3939	3973	4006	4040	33	68
22	4040	4074	4108	4142	4176	4210	4245	34	67
23	4245	4279	4314	4348	4383	4417	4452	35	66
24	4452	4487	4522	4557	4592	4628	4663	35	65
25	4663	4699	4734	4770	4806	4841	4877	36	64
26	4877	4913	4950	4986	5022	5059	5095	36	63
27	5095	5132	5169	5206	5243	5280	5317	37	62
28	5317	5354	5392	5430	5467	5505	5543	38	61
29	5543	5581	5619	5658	5696	5735	5774	38	60
30	5774	5812	5851	5890	5930	5969	6009	39	59
31	6009	6048	6088	6128	6168	6208	6249	40	58
32	6249	6289	6330	6371	6412	6453	6494	41	57
33	6494	6536	6577	6619	6661	6703	6745	42	56
34	6745	6787	6830	6873	6916	6959	7002	43	55
35	7002	7046	7089	7133	7177	7221	7265	44	54
36	7265	7310	7355	7400	7445	7490	7536	45	53
37	7536	7581	7627	7673	7720	7766	7813	46	52
38	7813	7860	7907	7954	8002	8050	8098	48	51
39	8098	8146	8195	8243	8292	8342	8391	49	50
40	8391	8441	8491	8541	8591	8642	8693	50	49
41	8693	8744	8796	8847	8899	8952	9004	52	48
42	9004	9057	9110	9163	9217	9271	9325	53	47
43	9325	9380	9435	9490	9545	9601	9657	55	46
44	9657	9713	9770	9827	9884	9942	1.000	57	45
A	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	D	A

124

COTANGENTE NATURAL

COTANGENTE NATURAL

A	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	D	A
0	∞	343.8	171.9	114.6	85.94	68.76	57.29	(*)	89°
1	57.29	49.10	42.94	38.19	34.37	31.24	28.64		88
2	28.64	26.43	24.54	22.90	21.47	20.21	19.08		87
3	19.08	18.07	17.17	16.35	15.60	14.92	14.30		86
4	14.30	13.73	13.20	12.71	12.25	11.83	11.43		85
5	11.43	11.06	10.71	10.39	10.09	9.789	9.514		84
6	9.514	9.255	9.010	8.777	8.556	8.345	8.144		83
7	8.144	7.953	7.770	7.596	7.429	7.269	7.115		82
8	7.115	6.963	6.827	6.691	6.561	6.435	6.314		81
9	6.314	6.197	6.084	5.976	5.871	5.769	5.671		80
10	5.671	5.576	5.485	5.396	5.309	5.226	5.145		79
11	5.145	5.066	4.989	4.915	4.843	4.773	4.705		78
12	4.705	4.638	4.574	4.511	4.449	4.390	4.331		77
13	4.331	4.275	4.219	4.165	4.113	4.061	4.011		76
14	4.011	3.962	3.914	3.867	3.821	3.776	3.732		75
15	3.732	3.689	3.647	3.606	3.566	3.526	3.487	40	74
16	3.487	3.450	3.412	3.376	3.340	3.305	3.271	36	73
17	3.271	3.237	3.204	3.172	3.140	3.108	3.078	32	72
18	3.078	3.047	3.018	2.989	2.960	2.932	2.904	29	71
19	2.904	2.877	2.850	2.821	2.794	2.773	2.747	26	70
20	2.747	2.723	2.699	2.675	2.651	2.628	2.605	24	69
21	2.605	2.583	2.560	2.539	2.517	2.496	2.475	22	68
22	2.475	2.455	2.434	2.414	2.394	2.375	2.356	20	67
23	2.356	2.337	2.318	2.300	2.282	2.264	2.246	18	66
24	2.246	2.229	2.211	2.194	2.177	2.161	2.145	17	65
25	2.145	2.128	2.112	2.097	2.081	2.066	2.050	16	64
26	2.050	2.035	2.020	2.006	1.991	1.977	1.963	15	63
27	1.963	1.949	1.935	1.921	1.907	1.894	1.881	14	62
28	1.881	1.868	1.855	1.842	1.829	1.816	1.804	13	61
29	1.804	1.792	1.780	1.767	1.756	1.744	1.732	12	60
30	1.732	1.720	1.709	1.698	1.686	1.675	1.664	11	59
31	1.664	1.653	1.643	1.632	1.621	1.611	1.600	11	58
32	1.600	1.590	1.580	1.570	1.560	1.550	1.540	10	57
33	1.540	1.530	1.520	1.511	1.501	1.492	1.483	10	56
34	1.483	1.473	1.464	1.455	1.446	1.437	1.428	9	55
35	1.428	1.419	1.411	1.402	1.393	1.385	1.376	9	54
36	1.376	1.368	1.360	1.351	1.343	1.335	1.327	8	53
37	1.327	1.319	1.311	1.303	1.295	1.288	1.280	8	52
38	1.280	1.272	1.265	1.257	1.250	1.242	1.235	8	51
39	1.235	1.228	1.220	1.213	1.206	1.199	1.192	7	50
40	1.192	1.185	1.178	1.171	1.164	1.157	1.150	7	49
41	1.150	1.144	1.137	1.130	1.124	1.117	1.111	7	48
42	1.111	1.104	1.098	1.091	1.085	1.079	1.072	6	47
43	1.072	1.066	1.060	1.054	1.048	1.042	1.036	6	46
44	1.036	1.030	1.024	1.018	1.012	1.006	1.000	6	45
A	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	D	A

(*) La diferencia tabular entre estos ángulos no varía uniformemente: por este motivo debe calcularse para cada caso en particular.

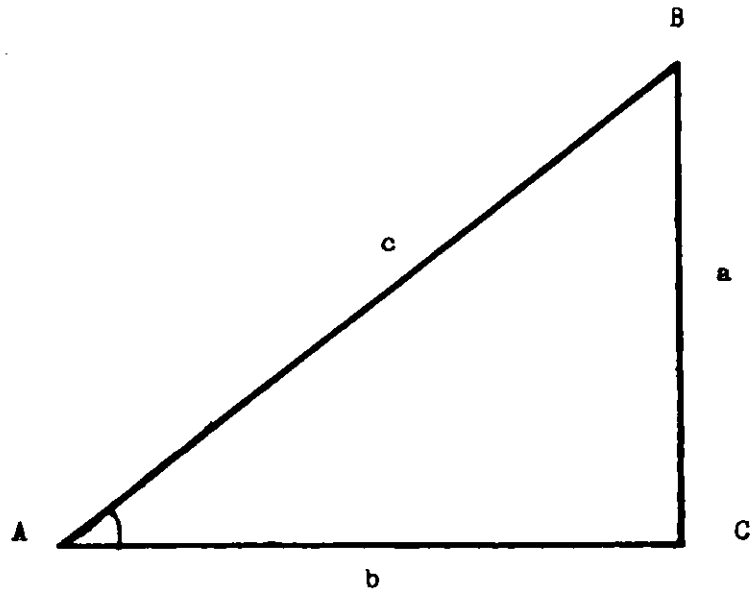
TANGENTE NATURAL

ANEXO 4

TANGENTE NATURAL

ANEXO 5

FUNCIONES TRIGONOMETRICAS



$$\text{sen } A = \frac{a}{c}$$

$$\text{cos } A = \frac{b}{c}$$

$$\text{tan } A = \frac{a}{b}$$