

ISSN 0120-7717

PEREZ - ARBELAEZIA

Volumen 1 No. 2 Enero de 1986



JARDIN BOTANICO DE BOGOTA
"JOSE CELESTINO MUTIS"

JARDIN BOTANICO DE BOGOTA
"JOSE CELESTINO MUTIS"

JUNTA DIRECTIVA

Sven Zethelius Peñalosa
Germán Botero de los Ríos
Joaquín Caicedo Salazar
Patricio Samper Gnecco

Rafael García Espinosa
Ma. Paulina Espinosa de López
Hernán López G.
Victoria Eugenia Virviescas

DIRECCION

Teresa Arango Bueno

JARDIN BOTANICO

Carrera 66A N° 56-84
Tels.: 2313-965 y 2400-483
Apartado Aéreo 59887
Bogotá, Colombia

La reproducción total o parcial de un artículo debe citar la fuente.
Corresponde a los autores la total responsabilidad de las ideas,
tesis y conceptos emitidos en sus respectivos artículos.
Los editores se reservan el derecho de aceptar o
de rechazar los trabajos.

CARATULA:

Emblema del Jardín Botánico de Bogotá. *Mutisia Clematis* L.

PEREZ - ARBELAEZIA

Bogotá, D. E. Colombia	Vol. 1 N° 2; pp. 105-248 Enero 1986	ISSN 0120-7717
---------------------------	--	-------------------

Directora de la Revista
Teresa Arango Bueno

Comité Editorial
César Escallón E.
Gustavo Morales L.
Orlando Vargas R.

Dibujante
David Rivera O.

Publicación del Jardín Botánico de Bogotá dedicada a la memoria de su fundador, el doctor Enrique Pérez -Arbeláez, quien consagró su vida a institucionalizar la tradición científica de Colombia y fomentar la investigación, divulgación y defensa de nuestros recursos naturales.

CONTENIDO

Presentación	110
Vegetación desde el aire. Enrique Pérez Arbeláez	113
Clasificación y ordenación de comunidades vegetales de páramo. Orlando Vargas R. y Silvio Zuluaga	125
Composición y estructura de la avifauna del Jardín Botánico "José Celestino Mutis", Bogotá, Colombia. Enrique Zerda Ordoñez y Pedro Rodríguez Tolosa	145
Identificación de plántulas de algunas especies arbóreas del bosque de niebla. Segunda parte. Eduardo Barrera Torres	165
Efectos de la luz y los reguladores del crecimiento sobre el porcentaje de germinación de <i>Alnus Acuminata</i> H. B. K.: (Betulaceae). María Cristina Ruiz Peña y Martha Orozco de A.	211
Aspectos geográficos e importancia ecológica de los manglares con especial referencia a Colombia. César Escallón Estupiñán y Magda Rodríguez Acosta	225
Instrucciones a los colaboradores	243

PRESENTACION: NUESTRO ARBOL NACIONAL

Enhiesta, con sus elegantes estípites blancos y su copa en forma de roseta, se destaca en nuestros Andes Centrales la Palma de cera del Quindío (Ceroxylon quindiuense), hoy Arbol Nacional, según Ley 61 del 16 de septiembre de 1985.

Largo proceso debió recorrer la iniciativa desde 1959 en que los doctores Enrique Pérez-Arbeláez, Emilio Robledo y Luis María Murillo, en representación de la Academia de Ciencias, presentaron al gobierno la iniciativa de convertir la palma de cera en símbolo nacional, para tratar de conservar las áreas de su dominio. Y sólo ahora cuando está amenazada de extinción, logró el representante del Quindío Carlos Arturo López Angel, sacar adelante esta Ley de la República.

Crece la palma hasta los 2800 o 3000 m. en la Cordillera Central a 4°27' Lat. N y 75°25' Long. W, en medio de la neblina y llovizna fina que azotan el área comprendida entre Anaime y Cajamarca por la vertiente occidental, casi hasta decender a Calarcá; y por la ladera oriental, hasta la quebrada Boquia y Salento, ya a 1895 m, en cuya jurisdicción se encuentran preciosos especímenes.

Esa palma altísima que formaba doseles y que parecía según Alejandro von Humboldt "un bosque sobre el bosque", fué su admiración cuando la tuvo de cerca en su histórica travesía en 1801, cuando viajó a pie por el tortuoso camino real, construido y trajinado por los indios en la cordillera y tal fué su admiración que la dibujó en un magnífico grabado, tantas veces reproducido, cuyo original adorna el Museo de su nombre en el Palacio de Tegel y que se conoce como el Paso del Quindío. Edward André que también la conoció a finales del siglo pasado, nos dejó un bello dibujo para explicar cómo los indígenas trepaban por las palmas a raspar la cera y a coger sus racimos y sus hojas. Con la colonización del Quindío vino la utilización de la cera, como valioso producto, porque su punto de fusión se eleva hasta los 106°C y se prestaba entonces a singulares aplicaciones en la fabricación de discos de fonógrafo; de barnices; de aisladores de cables subterráneos, de proyectiles y hasta de betunes. Esa cera se empleó en la Colonia para hacer cirios y hachones que presentaban la ventaja de no torcerse al calor de los climas calientes; por eso con ellas se iluminaron los altares de Cartago y se alumbraron las procesiones de Popayán; con sus fustes se construyeron postes para cercas y vigas y sus hojas sirvieron para techar las viviendas y la grasa de sus racimos se utilizó como alimento de porcinos, y en su medio natural, fuente de alimento de ardillas y pájaros. Este beneficio excesivo que hizo de la hermosa especie, la ha llevado a los límites de agotamiento.

Al fundarse el Jardín Botánico en 1955 el doctor E. Pérez-Arbeláez planeó las primeras excursiones a Salento para buscar pequeñas plántulas y traer racimos maduros con semillas viables, que le permitieran estudiar la germinación de la valiosa especie, teniendo en cuenta que en Bogotá había logrado una magnífica adaptación como lo atestigua el elegante conjunto del Parque de la Independencia. De esas primeras plántulas y recolecciones del fundador, quedaron unas pocas, pero más tarde se ha enriquecido la entidad, hasta mostrar hoy el Palmetum de tierra fría, que en el futuro será un verdadero enclave de los Andes en el centro de Bogotá.

Muchos Jardines Botánicos del exterior, Washington el primero, han llevado como maravilloso dón, semillas de nuestra palma para exhibirla, sin que, a pesar de la técnica, hayan logrado aclimatarla. Es decir, que este privilegio ha quedado reservado hasta hoy a nuestro Jardín Botánico.

TERESA ARANGO BUENO

Directora Jardín Botánico de Bogotá
"Jose Celestino Mutis"

EFFECTOS DE LA LUZ Y LOS REGULADORES DEL CRECIMIENTO SOBRE EL PORCENTAJE DE GERMINACION DE **ALNUS ACUMINATA** H. B. K: (BETULACEAE)¹

María Cristina Ruiz Peña²
Martha Orozco de A.³

RESUMEN

La calidad de la luz y los diferentes reguladores del crecimiento, juegan un papel determinante sobre la germinación de muchos tipos de semillas.

Debido al desconocimiento que existe sobre la especie nativa *Alnus acuminata* H. B. K. en algunos aspectos de índole biológica, el presente trabajo se desarrolló con el fin de evaluar los efectos que sobre el porcentaje de germinación e índice de germinabilidad de las semillas de aliso puede tener la luz y los reguladores del crecimiento.

Los mejores resultados para porcentaje de germinación se obtuvieron con los tratamientos de luz continua y ácido giberélico en concentración de 600 ppm. Con los tratamientos de luz roja, cinetina 0,1, 1 y 10 ppm se presentaron porcentajes superiores a los obtenidos con cada uno de los controles. Finalmente, los tratamientos correspondientes a oscuridad continua, ácido giberélico 30 y 300 ppm, auxina 1, 10 y 100 ppm, mostraron ser los menos efectivos para incremento del porcentaje germinativo; además, con estos últimos tres tratamientos se retrasó el proceso.

INTRODUCCION

La planta presenta un ciclo de desarrollo que comienza con la germinación (Leopold y Kriedemann, 1978), con el cual se reinicia el crecimiento del embrión detenido en las fases finales de la maduración (Popinigis, 1977).

En zonas tropicales, tanto la luz como la temperatura son factores de gran

¹ El presente trabajo hace parte de la tesis del primer autor para optar al título de Bióloga. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia y del proyecto de investigación "Contribución al estudio de la biología del *Alnus acuminata* H. B. K." financiado por el CINDEC y la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional.

² Bióloga del Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Tel. 2305925.

³ Profesora asistente del Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Tel. 2442388.

importancia para que se produzca la germinación (Okusanya, 1980); las semillas de la mayoría de plantas cultivadas germinan tanto en luz como en oscuridad. La exigencia de ésta por parte de determinadas especies está relacionada con un tipo de dormancia (Popinigis, 1977). Según los requerimientos de luz las semillas pueden dividirse en aquellas que germinan en luz continua, las que germinan en oscuridad, las que germinan después de una breve exposición a la luz y las que son indiferentes a la presencia o ausencia de luz (Mayer y Poljakoff, 1966).

La germinación de muchas malezas y plantas arables, depende de la exposición de la semilla a la luz del sol sin filtrar, en tanto que muchas hierbas, leguminosas y especies leñosas, son capaces de germinar en la oscuridad (Cresswell y Grime, 1981). Muchas semillas fotoblásticas tales como *Lactuca sativa* y *Brassica juncea* germinan en la oscuridad o irradiándolas con rojo corto a bajas temperaturas (Takeba y Matsubara, 1976).

Los requerimientos de luz en las semillas pueden estar afectados por la madurez de estas en el momento de la colección, remoción de estructuras y condiciones de luz en la post-cosecha. La germinación de semillas de plantas que necesitan luz para el proceso como es el caso de *Nicotiana tabacum*, viene regulada a través del sistema reversible rojo corto-rojo largo ($P_{660} = P_{730}$), determinado por el llamado fitocromo (Strasburger *et al.*, 1974). Para que se verifique el proceso de fotoconversión del fitocromo se necesita que las semillas estén húmedas (Cresswell y Grime, 1981). Este pigmento se presenta en dos formas: una Pr con un máximo de absorción en 660 nm, que por acción de la propia radiación absorbida, se convierte en otra forma, Pfr, con máxima absorción en 730 nm, la cual a su vez es fotoconvertida en Pr por la absorción de 730 nm o por una reacción termoquímica en la oscuridad (Labouriau, 1983).

Las semillas maduras dentro de tejidos verdes tendrán la mayor parte de su fitocromo en forma inactiva (Pr), y requerirán de un estímulo lumínico para la germinación. En contraste, las semillas que han estado expuestas a la luz antes del secamiento son indiferentes a la calidad de luz recibida en los primeros estadios de desarrollo y presentan un fitocromo en forma activa (Pfr) con el cual son capaces de germinar tanto en luz como en oscuridad (Cresswell y Grime, 1981).

Las semillas sensibles a la luz no germinan en su ausencia, requiriendo intensidades entre 750 y 1250 luz, con iluminación de por lo menos 8 horas de cada 24 (Popinigis, 1977). Stimart (1981) reporta que es posible inducir la germinación de semillas que requieren luz, en condiciones de oscuridad y a bajas temperaturas, o con temperaturas diarias alternadas entre 15 y 25° C. y exposición a la luz.

La aplicación de ácido giberélico estimula la germinación de muchas semillas que necesitan luz (Stimart, 1981) y la de aquellas que normalmente requieren de un enfriamiento (Wareing y Phillips, 1970). Por ejemplo en semillas de *Kalmia latifolia* se observa un incremento de la germinación por aplicación de 100-200 ppm de giberelina (Jaynes, 1982). Las semillas de *Acer* ger-

minan mediante tratamientos con giberelina o kinetina. En *A. pseudoplanatus* la kinetina incrementa la elongación de la radícula, mientras que la giberelina promueve el desenvolvimiento del cotiledón y el crecimiento (Pinfield y Stobart, citados por Stimart, 1981).

En casi toda la región neotropical, y específicamente en América Latina, se observa una marcada tendencia a reforestar con especies exóticas, especialmente eucaliptos y coníferas, en contraste con la escasa utilización de especies nativas. En general, estas últimas son poco empleadas porque de ellas no existen datos completos relacionados con aspectos de propagación, crecimiento y desarrollo, exigencias nutricionales, necesidades hídricas, capacidad de utilización y rendimiento (Labouriau, 1983).

La especie nativa, *Alnus acuminata* H. B. K. se ha recomendado para iniciar programas de reforestación porque presenta una asociación simbiótica en la raíz, donde se originan nódulos capaces de fijar nitrógeno atmosférico, por lo que se constituye en una especie propicia para el mejoramiento del suelo, reforestación del tipo producción-protección y para el incremento del vigor y crecimiento de la vegetación asociada (Tarrant y Trappe, 1971; Falla, 1973).

En la parte alta o límite superior de supervivencia (3200-3500 msm) el aliso empieza a florecer en los primeros meses del año (enero y febrero) y la fructificación se tiene en los meses de junio y julio, mientras en zonas más bajas hasta el límite inferior (2000-2200 msm) cambia el ritmo fenológico. En circunstancias normales un árbol adulto produce más de medio millón de semillas en forma regular y este proceso se repite de 50 a 70 veces (Vélez, 1971).

Dado que la información referente a aspectos básicos de la biología del aliso resulta en algunos casos inexacta y contradictoria, siendo necesaria su sistematización, ampliación y la realización de estudios básicos y aplicados, se planteó como objetivo del presente trabajo la evaluación de los efectos de la luz y los reguladores del crecimiento sobre el porcentaje de germinación e índice de germinabilidad de las semillas de *Alnus acuminata*.

MATERIALES Y METODOS

Colección del material

Se recolectaron estróbilos femeninos maduros procedentes de árboles de *A. acuminata* de 30 años de edad en la Nabarra, Hoya Hidrográfica del Río Blanco, cerca de Manizales (Departamento de Caldas). Esta zona posee una temperatura media anual de 12,6°C, precipitación total anual de 2.135 mm. y una altitud de 2.800 msnm.

Vélez (1971) recomienda que la recolección de la semilla se haga en época seca para tener alguna seguridad en cuanto al secamiento por radiación solar y evitar el daño por patógenos debido a la alta humedad relativa de la zona. Para la recolección señala que es conveniente escoger árboles padres que tengan buena forma y desarrollo y edad mayor de 13 años, ya que los árboles más jóvenes producen semilla útil pero de menor tamaño, peso y poder germinativo.

Los estróbilos colectados se colocaron sobre papel periódico a fin de provocar el secamiento y dehiscencia de los frutos (Figura 1). Para efectos del trabajo el fruto se denominó semilla, ya que a partir de cada uno de estos es posible obtener una plántula.

Pruebas de germinación

Las semillas empleadas en los ensayos se desinfectaron previamente, mediante inmersión en Hipoclorito de Sodio al 10% por espacio de 10 minutos, enjuague con alcohol etílico al 70% y posterior lavado con agua destilada por tres veces.

Se establecieron 4 tratamientos con 5 réplicas de 20 semillas cada uno, las cuales se germinaron en cajas estériles sobre un círculo de papel de filtro y espuma sintética de poliuretano desinfectada y se humedecieron con dos mililitros de agua destilada para el ensayo del efecto de luz (Tabla 1).

Tratamientos	Tipo de luz
1	Luz continua
2	Oscuridad continua
3	Fotoperiodo 12 horas (control)
4	Luz roja

Tabla 1. Tratamientos empleados para evaluar el efecto de la luz sobre el porcentaje de germinación de *A. acuminata*.

La germinación bajo luz continua fue provista con ayuda de un tubo fluorescente SYLVANIA luz de día (F_{20} T 12 D), colocado a 32 cm. de distancia de la caja de germinación. La germinación bajo condiciones de oscuridad fue obtenida por cubrimiento de la caja con papel de aluminio. El efecto de luz roja fue inducido por cubrimiento de la caja con una doble capa de papel celofán rojo.

La germinación de las semillas en oscuridad continua y luz roja se registró en cuarto oscuro bajo luz de seguridad verde.

Para la evaluación del efecto de los reguladores del crecimiento, las cajas correspondientes se humedecieron con dos mililitros de cada una de las sustancias empleadas (Tabla 2).

Los datos de germinación se registraron en tablas y se evaluaron entre 1 y 6 semanas, retirando en cada observación las semillas germinadas (Figura 1).

Los resultados se expresaron en porcentaje de germinación y se transformaron a Log X, efectuando con estos valores los respectivos Análisis de Varianza y Pruebas de Significancia. Se empleó un diseño completamente al azar con cinco replicaciones por cada tratamiento.

Tratamientos	Sustancia	Concentración (ppm)
1	Acido (3 indolil) acético	1
2	Acido (3 indolil) acético	10
3	Acido (3 indolil) acético	100
4	Acido giberélico	30
5	Acido giberélico	300
6	Acido giberélico	600
7	6-Furfuril amino purina	0,1
8	6-Furfuril amino purina	1
9	6-Furfuril amino purina	10
10	Control	

Tabla 2. Tratamientos empleados para evaluar el efecto de los reguladores del crecimiento sobre el porcentaje de germinación de *A. acuminata*.

Se obtuvo además el Índice de Germinabilidad con el cual es posible establecer la velocidad de emergencia de plántulas en el campo.

El índice de velocidad de emergencia de un lote específico es la medida de los índices de las repeticiones. Para obtenerlo se calcula el número de plántulas emergidas en cada día de observación y se divide por el número de días transcurridos a partir del día de la siembra; se suman luego los índices diarios y se establecen así los índices finales de velocidad de emergencia para las repeticiones (Popinigis, 1977). Con los datos así determinados se realizaron los respectivos Análisis de Varianza.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de luz

En la Figura 2 se presenta el efecto de los diferentes tratamientos de luz sobre el porcentaje de germinación de las semillas de *A. acuminata* en función del tiempo. Se observa que el mayor porcentaje se alcanzó con la aplicación de luz continua; siguen luego los tratamientos de luz roja y fotoperíodo normal de 12 horas, con un comportamiento similar en ambos casos. Finalmente, las semillas sometidas a oscuridad continua no reaccionaron positivamente y el porcentaje de germinación fue muy bajo. En los tres primeros tratamientos la germinación ocurrió entre la primera y sexta semanas de control, en tanto que para el tratamiento de oscuridad continua solo se presentó germinación entre la tercera y sexta semanas.

La información señalada no coincide con lo expresado por Sicco *et al* (1965) quienes señalan que la germinación se presenta entre 20 y 30 días después de la siembra.

En el diagrama de barras de la Figura 3 se presenta el porcentaje acumulado para cada uno de los tratamientos; el mayor valor (69%) se obtuvo con el tratamiento de luz continua; el tratamiento con luz roja dio como re-

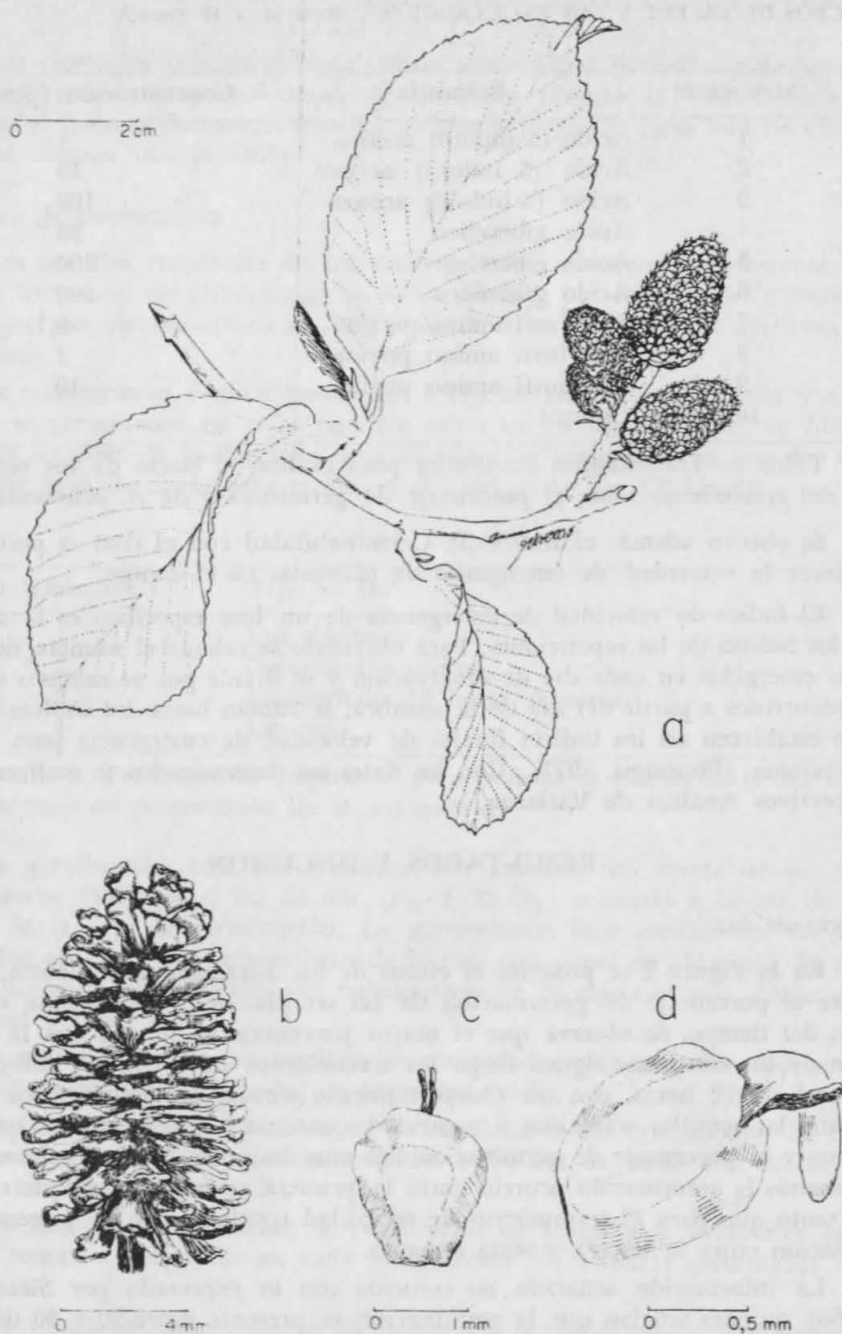


FIGURA 1

Alnus acuminata HBK. a) Rama con estróbilos femeninos. b) Estróbilo en proceso de secado y dehiscencia de frutos. c) Detalle del fruto. d) Emergencia de la radícula a través de la pared del fruto

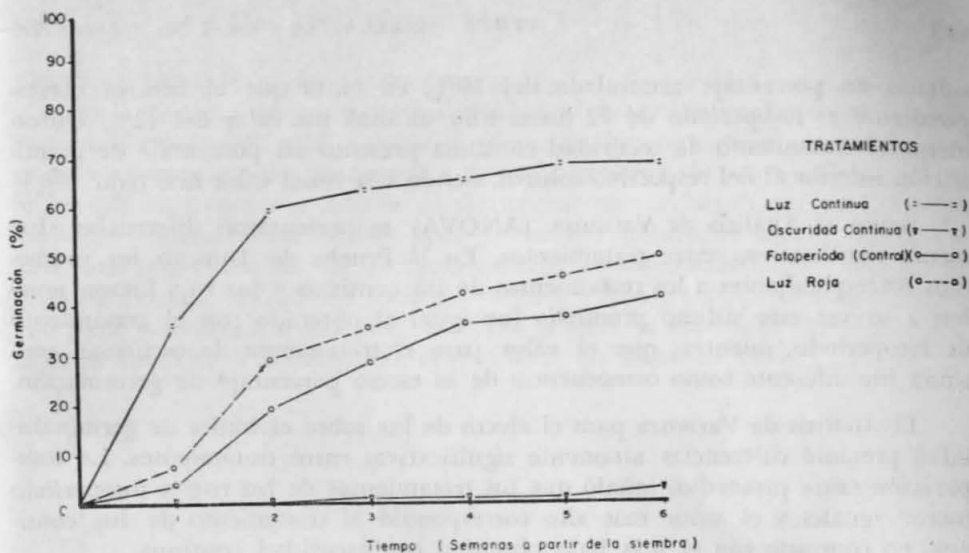


Fig 2 - GERMINACION DE Ainus acuminata . EFECTO DE LUZ

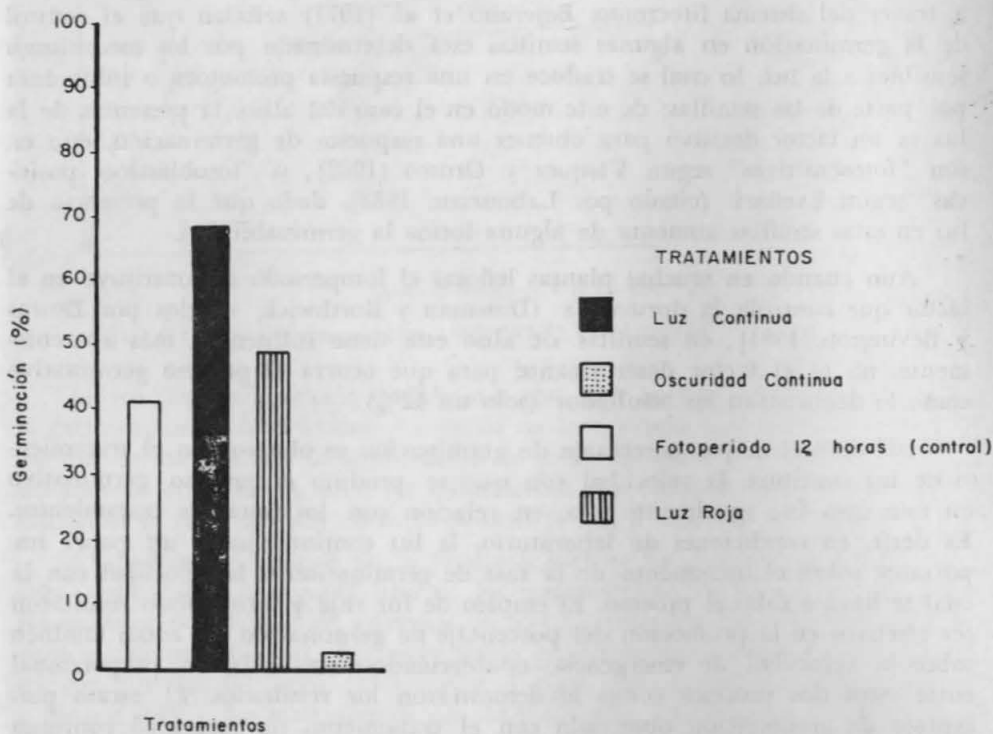


Fig 3.- PORCENTAJE DE GERMINACION DE Ainus acuminata EFECTO DE LUZ

sultado un porcentaje acumulado del 50%, en tanto que el control correspondiente al fotoperíodo de 12 horas solo alcanzó un valor del 42%. Únicamente el tratamiento de oscuridad continua presentó un porcentaje de germinación inferior al del respectivo control, siendo a la vez el valor más bajo (3%).

Según el Análisis de Varianza (ANOVA) se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos. En la Prueba de Duncan los promedios correspondientes a los tratamientos de luz continua y luz roja fueron iguales; a su vez este último promedio fue igual al obtenido con el tratamiento de fotoperíodo, mientras que el valor para el tratamiento de oscuridad continua fue diferente como consecuencia de su escaso porcentaje de germinación.

El Análisis de Varianza para el efecto de luz sobre el índice de germinabilidad presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos. La comparación entre promedios señaló que los tratamientos de luz roja y fotoperíodo fueron iguales y el valor más alto correspondió al tratamiento de luz continua, en contraste con el más bajo obtenido con oscuridad continua.

Es bien sabido que la luz puede influir sobre la germinación de muchas plantas, siendo limitante en algunos casos (Rolling, citado por Esashi *et al.*, 1983). Según Hess (1980), la luz puede afectar la capacidad de germinación a través del sistema fitocromo. Bejerano *et al.* (1971) señalan que el control de la germinación en algunas semillas está determinado por los mecanismos sensibles a la luz, lo cual se traduce en una respuesta promotora o inhibidora por parte de las semillas; de este modo en el caso del aliso, la presencia de la luz es un factor decisivo para obtener una respuesta de germinación, esto es, son "fotosensitivas" según Vásquez y Orozco (1982), o "fotoblásticas positivas" según Evenari (citado por Labouriau, 1983), dado que la presencia de luz en estas semillas aumenta de alguna forma la germinabilidad.

Aun cuando en muchas plantas leñosas el fotoperíodo se constituye en el factor que controla la dormancia (Downsan y Borthwick, citados por Downs y Bevington, 1981), en semillas de aliso este tiene influencia, más aparentemente, no es el factor determinante para que ocurra el proceso germinativo como lo demuestran los resultados (solo un 42%).

Así como el mayor porcentaje de germinación se obtuvo con el tratamiento de luz continua, la velocidad con que se produjo el proceso germinativo en este caso fue igualmente alta, en relación con los restantes tratamientos. Es decir, en condiciones de laboratorio, la luz continua juega un papel importante sobre el incremento de la tasa de germinación y la velocidad con la cual se lleva a cabo el proceso. El empleo de luz roja y fotoperíodo resultaron ser efectivos en la promoción del porcentaje de germinación así como también sobre la velocidad de emergencia, estableciéndose una relación proporcional entre estos dos procesos como lo demostraron los resultados. El escaso porcentaje de germinación observado con el tratamiento de oscuridad continua coincidió a su vez con el bajo valor obtenido para el índice de germinabilidad, guardando relación proporcional ambos efectos.

Efecto de reguladores del crecimiento

En la Figura 4 se presentan los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos empleados para evaluar el efecto de los reguladores de crecimiento sobre el porcentaje de germinación de *A. acuminata*. En dicha figura se observa que los mejores resultados se alcanzaron por acción del ácido giberélico (AG) en concentración de 600 ppm y cinetina (6-furfuril amino purina - 6-PAP) en concentración de 10 ppm, seguido de los tratamientos con cinetina 0,1 ppm, auxina (ácido —3 indocil— acético - AIA) 1 ppm, cinetina 1 ppm, 100 ppm y finalmente AG 300 ppm. En general la tendencia de la germinación en función del tiempo fue muy similar en todos los casos.

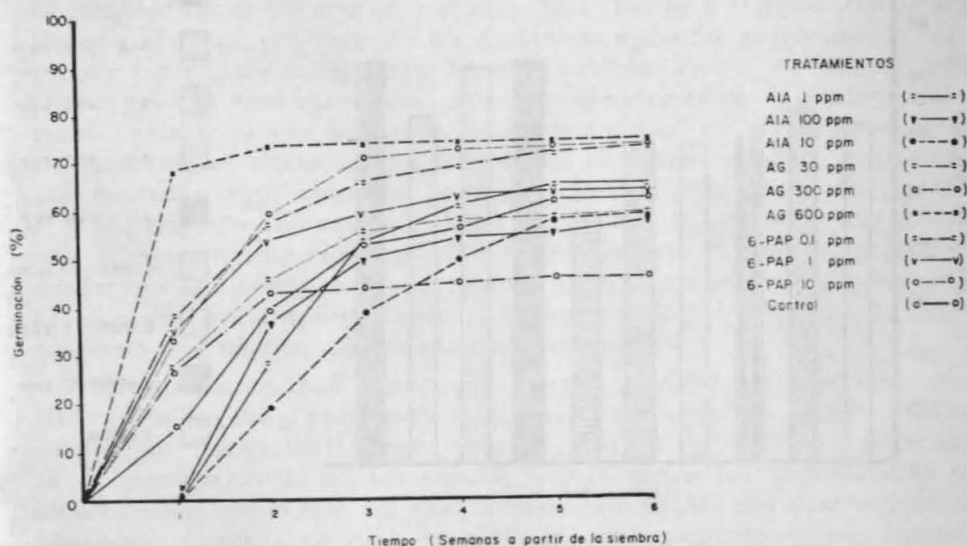


Fig 4 - GERMINACIÓN DE *A. acuminata* TRATAMIENTOS CON REGULADORES

En los tres tratamientos establecidos con AIA en distintas concentraciones la germinación se hizo evidente a partir de la segunda semana de control; en los que se empleó AG la germinación se presentó entre la primera y tercera semanas de observación, y en los tratamientos con cinetina y el control la germinación se llevó a cabo entre la primera y sexta semanas de muestreo.

El diagrama de barras de la Figura 5 incluye los porcentajes de germinación acumulados para cada uno de los tratamientos; en este se observa que los mayores porcentajes de germinación (74%) fueron alcanzados con AG 600 ppm y cinetina 10 ppm, siguiendo luego en orden descendente los tratamientos con cinetina 0,1 ppm (73%), AIA 1 ppm (65%), cinetina 1 ppm (64%) y control (62%); los tratamientos con AIA 10 ppm, AG 30 ppm, AIA 100 ppm y AG 300 ppm presentaron porcentajes de germinación inferiores a los obtenidos con el control. En los tres tratamientos en los que se empleó cinetina

en diferentes concentraciones, el porcentaje de germinación fue mayor con respecto al del control.

En el Análisis de Varianza para el efecto de reguladores del crecimiento sobre el porcentaje de germinación no se presentaron diferencias significativas control con agua destilada, ácido giberélico 30 ppm, auxina 10 ppm, auxina a nivel estadístico.

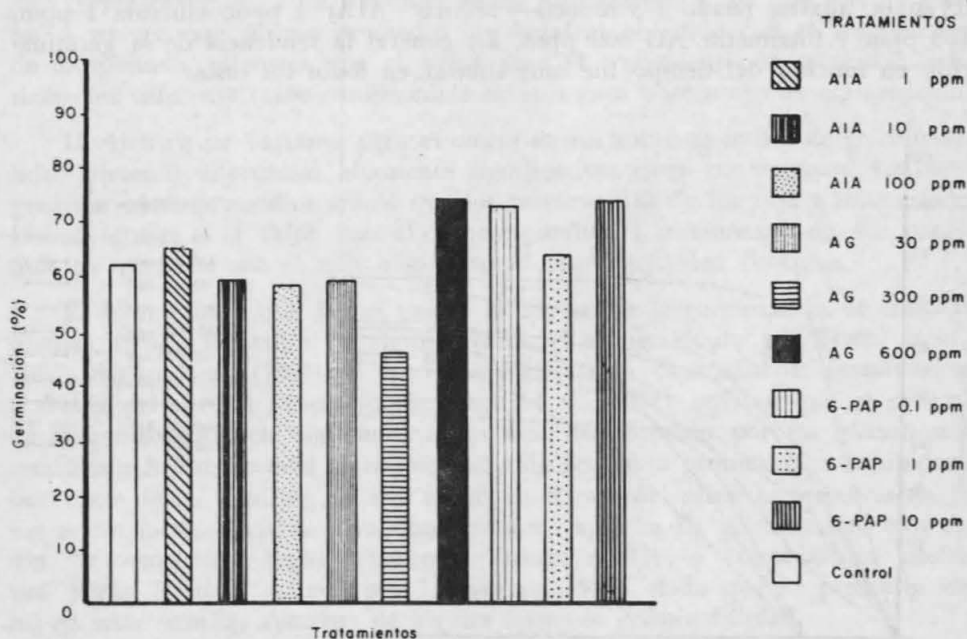


Fig 5 - PORCENTAJE DE GERMINACION DE *Alnus acuminata* EFECTO DE REGULADORES DE CRECIMIENTO

En contraste con estos resultados, el ANOVA para el efecto de reguladores del crecimiento sobre el índice de germinabilidad reveló diferencias altamente significativas; según la Prueba de Duncan efectuada para comparar los tratamientos no se presentaron diferencias entre cinetina 0,1, 10 y 1 ppm y AG 30 y 300 ppm. De igual manera, fueron iguales entre sí los tratamientos AG 300 ppm, control, AIA 1, 100 y 10 ppm. El tratamiento establecido con el AG 600 ppm fue diferente de los restantes tratamientos, y mostró la mayor velocidad de germinación; es decir, que representa el tratamiento más efectivo para acelerar el proceso.

La giberelina, kinetina y otros reguladores, pueden ser empleados en la eliminación de muchos tipos de dormancia (Amen, 1968).

Hicke (citado por Miller y Holcomb, 1982) observó una aceleración en la germinación de *Primula obconica* por empapamiento de las semillas con

ácido indolacético (AIA) a 500 ppm, resultados no comparables con los reportados en el presente trabajo, dado que aquí se emplearon tres concentraciones distintas e inferiores a la utilizada por Hicke en su experimento, y con las cuales se retardó el proceso germinativo en aliso, debido posiblemente a las concentraciones empleadas. Solamente la concentración más baja (1 ppm) arrojó un ligero incremento en el porcentaje de germinación con respecto al control. El AIA además de retardar la germinación en todos los casos, también repercutió en la misma forma sobre la velocidad con que se llevó a cabo el proceso, y en consecuencia no fue favorable su empleo en semillas de aliso ni para incremento de la germinación ni aceleración del proceso.

Según Skinner *et al.* (citados por Warr *et al.*, 1979) la kinetina estimula la germinación, el crecimiento y el desarrollo. Taylor y Simpson (1980) señalan que el efecto promotor de las citokininas aplicadas exógenamente, es al parecer dependiente del grado de dormancia. Khan (citado por Wilczek, 1982) afirma que las citokininas son sustancias promotoras de la germinación en muchas plantas ya que juegan un papel "permisivo" en este proceso, porque contrarrestan los efectos de los inhibidores endógenos sobre la germinación. Los resultados aquí obtenidos empleando tres concentraciones distintas (0,1, 1 y 10 ppm), con las cuales se logró incrementar el porcentaje de germinación y especialmente la velocidad a la cual ocurrió el proceso, permitieron señalar que la kinetina no solo presentó un efecto promotor de la germinación de aliso sino que también aceleró la emergencia de plántulas, con lo cual se estableció una relación directa entre ambos procesos.

Muchos autores han demostrado que las giberelinas y especialmente el ácido giberélico, AG₃, promueven la germinación de semillas (Albert; Venator, citados por Shafig, 1981). Según Stimart (1981) las giberelinas pueden inducir la germinación de muchas semillas que requieren luz, reemplazando este requerimiento. En el caso del aliso la aplicación de AG 600 ppm originó una promoción y aceleración de la germinación, por cuanto los valores alcanzados con su empleo superaron a los obtenidos con el control, AIA y cinetina. Además la aplicación de AG a semillas de aliso aceleró la velocidad de germinación disminuyendo el período del proceso de 6 semanas a tan solo 1 a 3.

Taylor y Simpson (1980) aseguran que las giberelinas son los agentes hormonales primarios involucrados en la liberación de dormancia, en tanto que las citokininas tienen una función secundaria. En semillas de aliso se observó un incremento del porcentaje de emergencia de plántulas con la aplicación de citokina y aceleración de la velocidad germinativa con el AG; aun cuando los resultados estadísticos indican que la aplicación de sustancias reguladoras del crecimiento no afectó el porcentaje de germinación de las semillas, sí influyó sobre la velocidad con que se llevó a cabo el proceso.

Los resultados obtenidos no coinciden con los reportados por Vélez (1971) quien señala que en vivero el porcentaje de germinación de aliso es del 10 al 25%; posiblemente las diferencias se deben a que el autor no tuvo en cuenta el efecto de los factores ambientales sobre el proceso.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo permiten establecer las siguientes conclusiones:

1. Las semillas de *Alnus* son fotosensitivas o fotoblásticas positivas, ya que el tratamiento de luz continua fue el más efectivo para promoción de la germinación y aceleración del proceso, mientras las semillas sometidas a oscuridad continua presentaron los más bajos valores tanto para el porcentaje de germinación como para la velocidad de emergencia. Los tratamientos de semillas con fotoperíodo y luz roja presentaron un alto porcentaje de germinación, aun cuando este fue inferior al correspondiente a luz continua, con lo cual se corrobora la necesidad de la luz para la inducción y aceleración del proceso.
2. El empleo de AIA en concentraciones de 1, 10 y 100 ppm, no solo retarda el inicio del proceso germinativo sino que además ocasiona una baja respuesta en el porcentaje y velocidad del mismo, no siendo adecuado su empleo en las concentraciones evaluadas ni para incremento de la germinación ni para aceleración del proceso.
3. El AG 600 ppm promueve la germinación y acelera la emergencia de plántulas de aliso, a diferencia de las otras dos concentraciones ensayadas (30 y 300 ppm) con las cuales se acelera el proceso de emergencia, pero no se incrementa el porcentaje de germinación. En general, el empleo de AG en todas las concentraciones evaluadas disminuye el período de emergencia de 6 semanas a un lapso de tan solo 1 a 3 semanas, siendo adecuado su empleo para acelerar la velocidad del proceso, es decir, las gibberelinas son los agentes hormonales primarios en la liberación de dormancia.
4. La aplicación de cinetina (6 - PAP) en tres concentraciones distintas origina un aumento del porcentaje de germinación y del índice de germinabilidad, registrándose valores superiores a los obtenidos con el control. En general ellas tienen un efecto secundario en la eliminación de la dormancia, posiblemente porque contrarrestan los efectos de los inhibidores endógenos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo manifiestan su sincero agradecimiento a los Ingenieros Agrónomos Germán López y Gonzalo Cardona de las Empresas Públicas de Manizales, por su colaboración en el suministro del material requerido para el trabajo, así como a Benigno Lozano profesor del Departamento de Estadística y a Jorge Leguizamón, Ingeniero del Centro de Cálculo de la Universidad Nacional, por su asesoría en la parte estadística. A los dibujantes Germán López del Departamento de Biología de la Universidad Nacional y David Rivera del Jardín Botánico José Celestino Mutis, por la realización de las figuras.

BIBLIOGRAFIA

- AMEN, R. (1968). A model of seed dormancy. The Botanical Review, 34 (1): 1-31.
- BEJARANO, N., KOLLER, D. and NEGBI, M. 1971. Photocontrol of germination in *Hyoscyamus desertarum*; a kinetic analysis. Ismael J. of Bot., 20: 28-40.
- CRESSWELL, E. and GRIME, J. (1981). Induction of lighth requirement during seed development and its ecological consequences. Nature, 291 (5816): 583-585.
- DOWNS, R. and BEVINGTON, J. 1981. Effect of temperature and photoperiod on growth and dormancy of *Betula papyrifera*. Amer. J. Bot., 68 (6): 795-800.
- ESASHI, Y. et al. 1983. Ligth actions in the germination of cocklebur seeds. J. Exp. Bot., 34 (144): 903-914.
- FALLA, A. 1973. Monografía del *A. jorullensis* H. B. K. Mecanografiado. Bogotá. 9 p.
- HESS, D. 1980. Fisiología vegetal. Barcelona, Omega. pp. 301-315.
- JAYNES, R. 1982. Germination of *Kalmia* seed after storage of up to 20 years. Hort Science, 17 (2): 203.
- LABOURIAU, L. 1983. A germinacao das sementes. Washington, Secretaria General de la OEA. Monografía 24. 174 p.
- LEOPOLD, A. and KRIEDEMANN, P. 1978. Plant growth and development, 2ed. New Delhi, Mc Graw Hill, pp.223-247.
- MAYER, A. and POLJAKOFF, M. 1966. The germination of seeds. London, Pergamon Press. 236 p.
- MILLER, E. and HOLCOMB, E. 1982. Effect of GA_3 on germination of *Primula vulgaris* Huds. and *Primula polyantha* Hort. Hort Science, 17 (5): 814-815.
- OKUSANYA, O. 1980. Germination and growth of *Celosia cristata* L. under various lighth and temperature regimes. Amer. J. Bot., 67 (6): 854-858.
- POPINIGIS, F. 1977. Fisiología da semente. Agr. Brasilia, Ministerio de agricultura Agiplan. Banco Interamericano de desenvolvimiento. 289 p.
- SHAFIQ, Y. 1981. Effect of gibberellic acid (GA_3) and prechilling on germination percent of *Nothofagus obliqua* Mirb. and *N. procera* Oerts. seeds. Turrialba, 31 (4): 365-368.
- SICCO, G., VENEGAS, L. y MUÑOZ, V. 1965. Informe forestal del departamento de Caldas. IV. Monografía del *A. jorullensis* H. B. K. de Caldas. Manizales, Fondo de Desarrollo y Diversificación de Zonas Cafeteras. Sector Forestal. pp. 76-152.
- STIMART, D. 1981. Factors regulating germination of trifoliate maple seeds. Hort Science, 16 (3): 341-343.
- STRASBURGER, E. et al. 1974. Tratado de Botánica, 6ed. Barcelona, Marín. P. 200.
- TAKEBA, G. and MATSUBARA, S. 1976. Analysis of temperature effect on the germination of New York lettuce seeds. Plant and Cell. Physiol, 17: 91-101.
- TARRANT, R. and TRAPPE, J. 1971. The role of *alnus* in improving the forests environment. Plant and Soil Special Volume. pp. 335-348.
- TAYLOR, J. and SIMPSON, G. 1980. Endogenous hormones in afterripening wild oat (*Avena fatua*) seed. Can. J. Bot., 58 (9): 1016-1024.
- VASQUEZ, C. and OROZCO, A. 1982. Germination of the seeds of a tropical rain forest shrub, *Piper hispidum* Sw. (Piperaceae) under different lighth cualities. Fiton, 42 (2): 143-149.

- VELEZ, G. 1971. Manejo de semillas de *A. jorullensis* H. B. K. Manizales, Empresas Públicas de Manizales, Departamento Forestal. 10 p.
- WAREING, P. and PHILLIPS, I. 1970. The control of growth and differentiation in plants. New York, Pergamon Press. pp. 223-254.
- WARR, H., SAVORY, D. and BAL, A. 1979. Germination studies of bakeapple (cloudberry) seeds. Can. J. Plant. Sci., 59 (1): 69-74.
- WILCZEK, CH. 1982. Promotion of seed germination in table beet by an aqueous seaweed extract. Hort Science, 17 (4): 629-630.