

POSICION DE SIEMBRA EN *ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA*  
(BERT.) O. KTZE. Y SU INFLUENCIA SOBRE EL  
CRECIMIENTO DE LA PLANTA. PRIMERA CONTRIBUCION <sup>1</sup>

POR ROBERTO C. MARLANGEON <sup>2</sup>

ABSTRACT

Brazilian pine (*Araucaria angustifolia*) seeds were planted in three different positions: normal (A), with the radicle pointing downwards; horizontal (B), with the longitudinal seed axis parallel to the surface of the soil; and inverted (C), with the radicle pointing upwards. B was the best orientation according to early seedling emergence, stem height, total plant weight, normal seedling structure, and absence of dead seedlings. A delayed 23.6 days seedling emergence in relation to B. However, stem height was similar to that attained in B, but total plant weight was significantly less. Furthermore 8.9 of the seedling presented marked curvatures in the stem. All plants under C treatment had an arched hypocotyl. This anomaly caused a retarded stem growth that was reflected in a significantly height reduction in relation to A and B. Seedling emergence was not delayed because sowing was superficial. For this last reason several seeds germinated pointing their roots up to the atmosphere. These seedling grew very small and died later. Although stem height was lower than that attained in B, total plant weight was similar in both orientations, indicating that the radical system of these seedlings was bigger than that of the two other positions.

Several botanical, physiological and ecological implications that might have sowing position of the seed, are reported.

La estructura esencial de una semilla comprende: a) un embrión vivo; b) un reservorio de alimento para éste: el *albumen* o *endosperma*; y c) una envoltura protectora, simple o compuesta, denominada *cubierta seminal* o *episperma*. De los tres elementos constitutivos consideremos solo el primero. El embrión es una planta diminuta que consta de: 1) un tallo rudimentario — *hipocótilo* — más o menos aparente según las especies; dos hojas seminales (Dicotiledoneae) que se insertan sobre el mismo: los *cotiledones*; un rudimento radical — *radícula* — unido a la base del hipocótilo que mira hacia la micrópila; y 4) un rudimento caulinar — *plúmula* — ligado al extremo calazal de aquél. En las cimas de ambos

<sup>1</sup> Ensayo realizado en el Vivero Sur de la Dirección Provincial de Bosques de Mendoza. En la parte experimental colaboró el Sr. JOSÉ AVILA, viverista general de esa repartición, a quien agradezco sus cuidadosos servicios.

<sup>2</sup> Estación Experimental Agropecuaria Rama Caída, INTA.

rudimentos situáanse sendos meristemas que originarán la raíz y el vástago respectivamente.

El embrión es pues un ente *polarizado* por poseer sobre un mismo eje dos meristemas apicales cualitativamente diferentes, que crecen hacia polos opuestos: el uno hacia tierra (radícula) y el otro hacia la atmósfera (plúmula). Consecuentemente, esta condición del embrión engendra en la semilla una *polaridad seminal*. Este concepto compendia en los frutos uniseminados dos propiedades del óvulo original: su ubicación con respecto a la placenta (ortótropo, anátropo, etc.) y lugar de su inserción placentaria dentro del ovario.

La polaridad seminal de un vegetal solo se satisface en aquella orientación peculiar de su semilla que deja al embrión ubicado sobre la vertical al suelo, mirando a éste su radícula, y apuntando su plúmula hacia la atmósfera. Podemos considerar a priori que una posición de siembra tal es la mejor entre todas las posibles, porque el germen se sitúa en la dirección normal de la planta adulta. En toda otra ubicación, el embrión, al crecer, deberá desarrollar mecanismos precisos para orientar adecuadamente el vástago y la raíz en las direcciones que les son propias.

Un primer problema que plantea, pues, la posición de siembra, es cómo se resolverán procesos tales como germinación, emergencia y crecimiento futuro de la planta, cuando la semilla quede enterrada accidentalmente en dirección distinta a su polaridad. La observación empírica de que, en general, la semilla germina y emerge la plántula aun puesta aquélla "de cualquier forma" no nos aclara esos aspectos ni restringe tampoco la importancia de este tema. En efecto: dicho acontecimiento, si verdadero, es tan sólo la síntesis aparente del problema; su análisis, casi siempre, queda oculto en el suelo en todas las especies.

Múltiples implicancias de orden botánico y ecológico que plantea el presente tema pueden entrecruzarse a través de las siguientes preguntas. Afectará la posición de siembra el crecimiento y la constitución normales del vegetal? ¿Guardará relación este factor con la magnitud de la semilla? La rapidez de emergencia, vigor, y mortandad de los plantines, no dependerán parcialmente de la posición de siembra? ¿Existirá alguna relación ecológica entre la morfología de la semilla, su posición natural de caída más frecuente y su polaridad? ¿Cómo sortea la semilla una posición de siembra impropia?

Aunque hay ensayos concretos sobre posición de siembra en varias especies (2, 5, 11, 13), sorprende la omisión de este tópico en textos específicos sobre semillas (4, 14, 15), y aun en revisiones modernas sobre germinación (7, 9). No ha faltado incluso quien le haya negado toda importancia al mismo (6).

Al parecer, toda semilla *debería* tener capacidad para engendrar una planta normal, cualquiera fuere su posición al enterrarse. El hecho que *Araucaria angustifolia* carezca, precisamente, de esa capacidad, motiva la presente comunicación.



Varios autores (1, 3, 8, 10) han recomendado la siembra en forma horizontal como la mejor para esta especie. Empero, en un solo caso (8), dicha aseveración proviene de un ensayo previo; las otras referencias corresponden a observaciones prácticas. En el ensayo citado se cuantificó solamente la influencia de dos posiciones, normal y horizontal, sobre la emergencia de los plantines, describiéndose además algunas anomalías que ocurren en la primera orientación. En nuestro ensayo hemos contemplado otros aspectos no considerados hasta ahora.

#### MATERIAL Y METODO

Semillas de *A. angustifolia*, cosechadas recientemente, se sembraron en invernáculo el 13 de mayo de 1964, permaneciendo en sitio hasta el 19 de noviembre de ese año. El sustrato fue arena fina. Una distancia de 8 cm en ambos sentidos separaba a las semillas entre sí. Este espaciamiento es adecuado para obtener plantines de almácigo que después son transferidos a recipientes individuales. Siguiendo la práctica habitual del vivero, las semillas se enterraron superficialmente, quedando apenas cubiertas por la arena.

Se compararon 3 posiciones extremas de la semilla: normal (A), horizontal (B), e invertida (C). A satisface la polaridad seminal de la especie; B y C, en cambio, pueden considerarse grados intermedio y extremo respectivamente en la negación de esa polaridad. El ensayo se distribuyó al azar y comprendió parcelas de 15 semillas cada una, repetidas 12 veces por cada tratamiento.

Los ejemplares se erradicaron cuando la mayoría de ellos había alcanzado un tamaño mínimo apropiado para el trasplante (altura del vástago superior a 10 cm). Sus raíces se lavaron con agua repetidas veces hasta despojarlas de partículas de arena. Para medir la influencia de la posición de siembra se registraron los siguientes conceptos: 1) fecha individual de emergencia; 2) peso total de la planta; 3) altura del tallo desde la inserción de los cotiledones hasta el extremo de las hojas superiores; 4) condición de la planta: se consideró *normal* la que poseía el cormo derecho, y *aberrante* la que presentaba curvaturas en el mismo, o exhibía otras anomalías; 5) mortandad.

Para describir las secuencias germinativas, 3 lotes de 20 semillas de similar magnitud se sembraron en sendas macetas, en las 3 orientaciones ensayadas. Las macetas permanecieron a  $24^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ , con una humedad próxima a capacidad de campo. Este material permitió, además, explicar las particularidades del ensayo registradas en el lugar.

Las fotografías que ilustran este trabajo fueron tomadas por el señor HUGO N. RABINO, en base a composiciones del autor. Las figuras restantes son originales.

## RESULTADOS

*Proceso germinativo.* Considerando la aparición sucesiva de los distintos órganos del germen fuera de la cubierta seminal (Fig. 1), la germinación puede dividirse en cuatro fases: *a*) crecimiento radical, *b*) alargamiento del hipocótilo, *c*) aparición de los cotiledones y de la plúmula, y *d*) crecimiento libre de la plúmula.

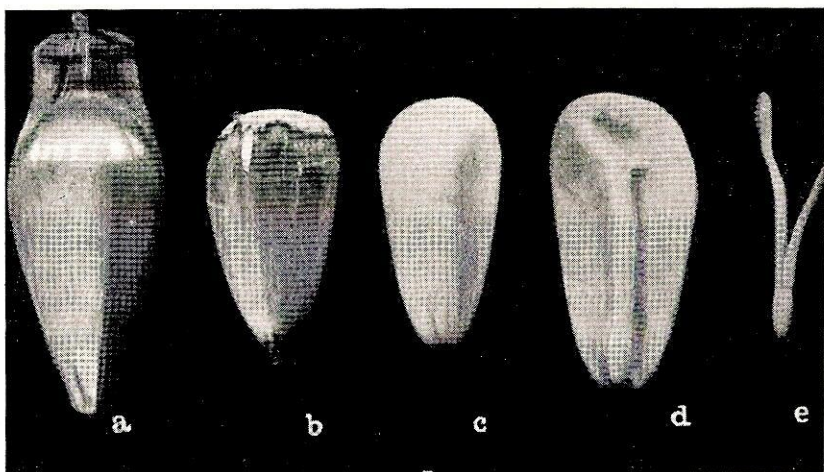
*Posición normal (A)* 1) La germinación se inicia a los 37 días de la siembra. El ápice radical irrumpe por el extremo proximal aguzado de la semilla, originando la raíz que progresa en sentido vertical (Fig. 2 *a, b, c*). Cuando ésta alcanza unos 10 mm de longitud, el hipocótilo se insinúa entonces fuera de la cubierta, a los 3 días de iniciada la germinación. En este momento su color es verde claro y su extensión total promedia 5 mm (Fig. 2 *d*). En lo interior de la semilla, mientras tanto, los cotiledones han enverdecido en forma creciente desde sus bases hacia sus extremos (Fig. 2 *e*), y van alargándose paulatinamente. Encastrada entre ellos, la plúmula, aparece blanquecina, de 1 mm de longitud.

2) A los 11 días de iniciarse la segunda etapa, los cotiledones asoman fuera del episperma (Fig. 2 *g*). En este estado los órganos poseen las siguientes dimensiones: raíz, 40-50 mm; hipocótilo, 10-12; plúmula, 2-3 mm; base de los cotiledones, 2-4 mm. Son ya visibles en la raíz, a partir del cuello hacia el ápice, pequeñas protuberancias correspondientes a primordios de raíces secundarias (Fig. 2 *f, g*).

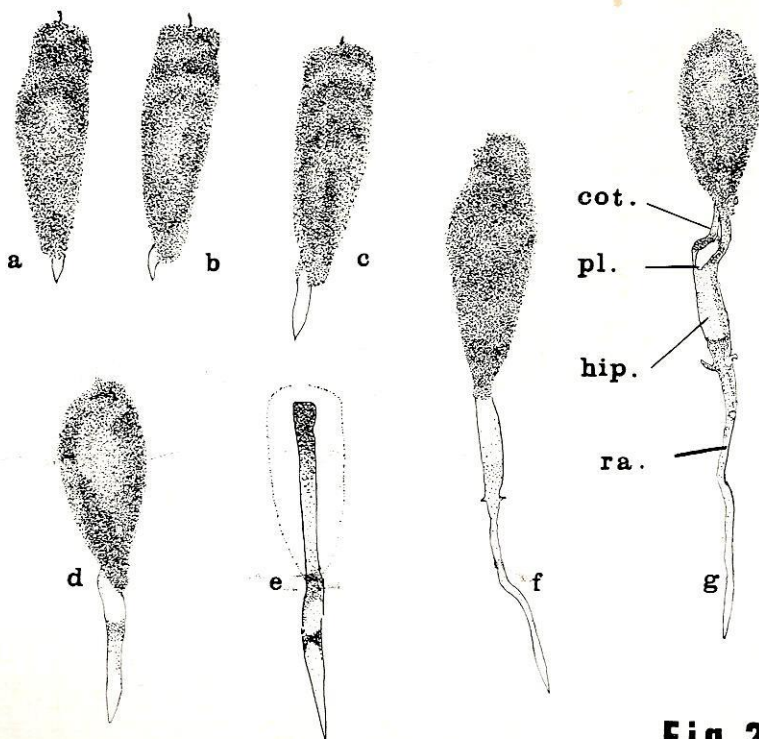
3) Como los extremos distales de los cotiledones se hallan fijados, aprisionados por el endosperma circundante (Fig. 1 y Fig. 2 *e*), el alargamiento de ellos se resuelve por sus bases, insertas en el germen, pero libres con respecto al endosperma. Estas aparecen fuera de la cubierta llevando a la plúmula entre ambas (Fig. 2 *g*).

4) Los cotiledones, al alargarse, empujan con sus bases al hipocótilo y a la raíz hacia abajo y, con sus extremos, a la "semilla" (ya solamente cubierta y endosperma) hacia arriba. Al ceder en parte estos órganos, aquéllos se expanden inicialmente en sentido vertical. Pero a poco, hipocótilo y raíz, de un lado, y la "semilla", del otro, se anclan firmemente al sustrato, oponiendo resistencia a su avance. En consecuencia, su crecimiento se resuelve en sentido lateral: sus porciones basales comienzan a impeler oblicuamente al hipocótilo, desplazándolo levemente de su ubicación vertical, y se tuercen luego lateralmente situando a la plúmula a un costado de la cubierta (Fig. 2 *g*). La plúmula elude así el obstáculo que significaría posteriormente para su crecimiento, la presencia de la "semilla" por encima suyo.

5) El ápice caular prolifera seguidamente abriéndose paso hacia arriba por un costado de la "semilla", a los 26 días del principio de la germinación. Como su crecimiento se inicia a cierta profundidad, la región basal del tallo queda ahilada (Fig. 5 *A*).



**Fig. 1**



**Fig. 2**

Fig. 1. — Serie demostrativa de la ubicación del embrión dentro de la semilla. *a*, semilla íntegra; *b*, desprovista de la cubierta; *c*, ídem a *b* sin el tegumento interno; *d*, corte medial mostrando el embrión; *e*, embrión aislado. Nótese que los extremos de los cotiledones se hallan « anclados » en el endosperma.

Fig. 2. — Secuencias germinativas en posición normal. *cot.*, cotiledones; *pl.*, plúmula;



6) La mayoría de los ejemplares posee, por el mecanismo descrito, una constitución normal (Fig. 5 A).

7) Sin embargo, un discreto número de plantines presenta aberraciones: el vástago se ha curvado caprichosamente, su crecimiento se ha aminorado y su ápice, además, se ha quebrado en algunos ejemplares (Fig. 6). La génesis de estas anomalías es como sigue: contrariamente a lo expuesto en 3) y 4), la plúmula ha iniciado aquí su crecimiento por dentro de la semilla, limitada a ambos lados y hacia arriba por los cotiledones; éstos, según ya se vio, se hallan aprisionados a su vez por el endosperma (Fig. 1). Por otra parte, el ritmo de crecimiento del ápice caular ha superado durante todo el proceso a la velocidad de alargamiento de los cotiledones. De esta manera, el talluelo ha ido aumentando su longitud entre dos puntos fijos: uno superior, ya citado, y el otro, inferior, materializado por el extremo distal del hipocótilo. En consecuencia aquél ha resuelto esa falta de espacio vertical para su crecimiento con notables curvaturas en sentido lateral (Figs. 6 y 7). Cuando éstas han sido muy violentas, el ápice del talluelo se ha quebrado, brotando en varios ejemplares yemas latentes vecinas a la zona de ruptura (Fig. 6 e, g y Fig. 7 c).

*Posición horizontal (B)* 8) Las fechas de ocurrencia de las distintas etapas germinativas, así como las dimensiones de los órganos de la plántula a través del proceso, guardan analogía con lo ya descrito en A.

9) El ápice radical cede a la gravedad y comienza a curvarse hacia la vertical por dentro de la semilla, de tal modo, que cuando aparece fuera de la cubierta el giro está ya muy avanzado y, en ciertos casos, llega a ser completo (Fig. 3 a, b).

10) Se origina entonces un ángulo recto en el cormo de la plántula, materializado en la vertical por la raíz y en la horizontal por el hipocótilo (Fig. 3 c, d). Esta se alarga primeramente en sentido horizontal. Al asomar fuera del episperma curva su región basal siguiendo a la raíz, y transfiere a su parte media el codo de curvatura (Fig. 3 e, f). En este estado el órgano adquiere un aspecto característico: preséntase regularmente arqueado en toda su longitud, quedando sus extremos basal y distal derechos, en sentido vertical y horizontal respectivamente. (Dimensiones: raíz 14-17 mm; hipocótilo 6-8 mm).

11) El hipocótilo se endereza merced a un engrosamiento progresivo ascendente que comienza en su base y acaba en su extremo. Aunque este órgano es de corta longitud en esta especie, su forma de enderezamiento es comparable al tipo que desarrollan los hipocótilos más largos en especies con germinación epígea (*Cucurbita pepo*, *Phaseolus vulgaris*, etc.).

12) Los cotiledones se alargan armónicamente acompañando y favoreciendo el enderezamiento del hipocótilo; al empujar aquéllos al extremo distal de éste en sentido lateral (Fig. 3 i, j, k), lo ayudan a situarse verticalmente.

13) La plúmula crece, mientras tanto, ejerciendo presión sobre las bases de los cotiledones (Fig. 3 *l, ll, m*), y separándolas, progresa normalmente.

14) Todas las plantas son normales en esta ubicación (Fig. 5 *B*). Un solo ejemplar (cuadro 2) mostró el hipocótilo sumamente abultado, pero esta anomalía es independiente de la posición de siembra.

*Posición invertida (C)* 15) La germinación se cumple globalmente en el mismo lapso que en *A* y *B*.

16) El ápice radical inicia el giro hacia su posición normal por dentro de la semilla, como en *B* (Fig. 4 *a, b*). Pero a diferencia de *B*, el hipocótilo participa aquí de la curvatura desde un principio. En efecto: cuando el cormo de la plántula tuerce los 90°, el hipocótilo mide 4-5 mm mientras la raíz sólo alcanza 2-3 mm.

17) El cormo describe una trayectoria semicircular quedando la raíz orientada normalmente. No obstante, en un principio ella no progresa estrictamente en dirección vertical, sino que lo hace oblicuamente siguiendo el contorno de la cubierta (Fig. 4 *d, e*). Su tramo superior, así generado, se endereza posteriormente en mayor o menor medida porque el hipocótilo al crecer presiona lateralmente sobre su cuello (Fig. 4 *f*).

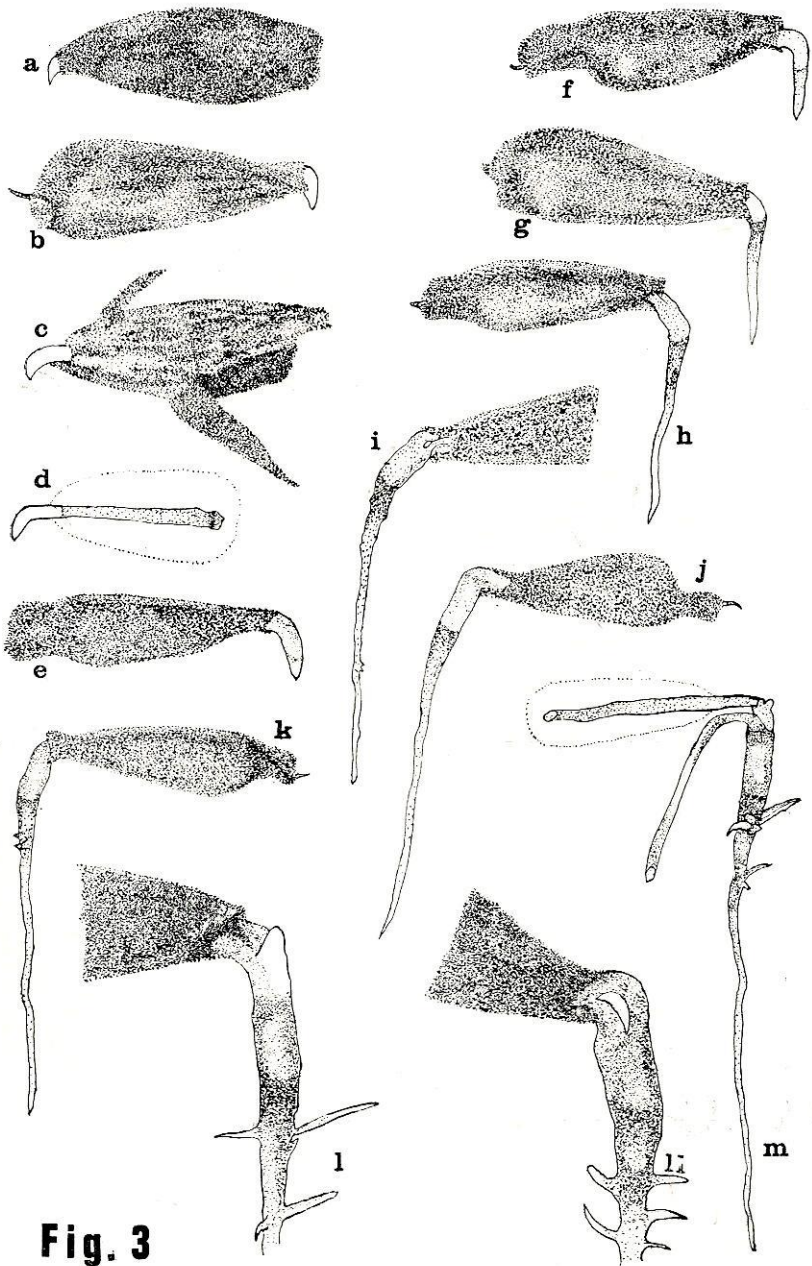
18) A los 12 días de haberse iniciado la germinación la raíz está derecha en toda su longitud (30-35 mm), habiéndose transferido el codo de curvatura a la zona media del hipocótilo (5-7 mm).

19) Como la siembra fue superficial, el arqueamiento del hipocótilo se produce en *C* casi a nivel de la superficie del sustrato. La capa de arena que cubría a la siembra se fue compactando por los riegos sucesivos y mermó accidentalmente más sobre unas semillas que sobre otras. Así, las que quedaron con sus extremos descubiertos proyectaron, al germinar, sus raíces hacia la atmósfera. En la mayoría de estos casos las raíces perecieron en contacto con el aire (Fig. 9 *a, b, c, d*). En solo dos casos (Fig. 9 *f, g*), las raíces se prolongaron finamente y alcanzaron el sustrato, asegurando la supervivencia de las plantas.

20) La figura 9 *a, b, c* y *d* ilustra cómo las cuatro etapas germinativas se verifican, hasta cierto punto, independientemente unas de otras. Así la muerte prematura de la raíz no ha impedido que el hipocótilo se alargue, ni que los cotiledones se expandan, ni que la plúmula inicie su crecimiento libre. Lógicamente, el desarrollo de estos 3 órganos ha sido limitado pues ha dependido exclusivamente de las reservas del endosperma.

21) Como en *B* 11), el hipocótilo desarrolla aquí un engrosamiento centrífugo diferencial, que nunca llega a ser completo, pues mientras éste se cumple su extremo distal permanece aprisionado por la cubierta, retenido interiormente por los cotiledones (Fig. 4 *f, g*). Correspondientemente con la velocidad de alargamiento de éstos (que es aquí lenta a diferencia de *A* y *B*) el órgano queda situado en forma horizontal (Fig. 8 *a, c, d*), o levantado oblicuamente





**Fig. 3**

Fig. 3. — Secuencias germinativas en posición horizontal. *l*, los cotiledones se curvan paralelamente entre sí dejando libre a la plúmula; *li*, los cotiledones se curvan uno sobre el otro, aprisionando a la plúmula. Esta circunstancia no afecta empero el crecimiento de ésta.



sobre el plano del sustrato (Fig. 8 b, e), pero sin ubicarse nunca verticalmente.

22) Cuando los cotiledones aparecen fuera de la cubierta, a los 24 días de iniciada la germinación, encuentran al hipocótilo ya engrosado y suficientemente rígido como para que la presión que ejercen sobre él contribuya en algo a enderezarlo.

23) Excepcionalmente 1 solo ejemplar (Fig. 8 f) tuvo el cormo perfectamente derecho. En este caso los cotiledones comenzaron su expansión casualmente más temprano que en el resto de los ejemplares, permitiendo que el hipocótilo se enderezara totalmente.

24) Los plantines fueron aberrantes en casi su totalidad (Fig. 5 C y cuadro 2).

*Emergencia.* B y C emergen con una anticipación de 23,6 y 20,6 días respectivamente con relación a A (cuadro 1).

#### CUADRO 1

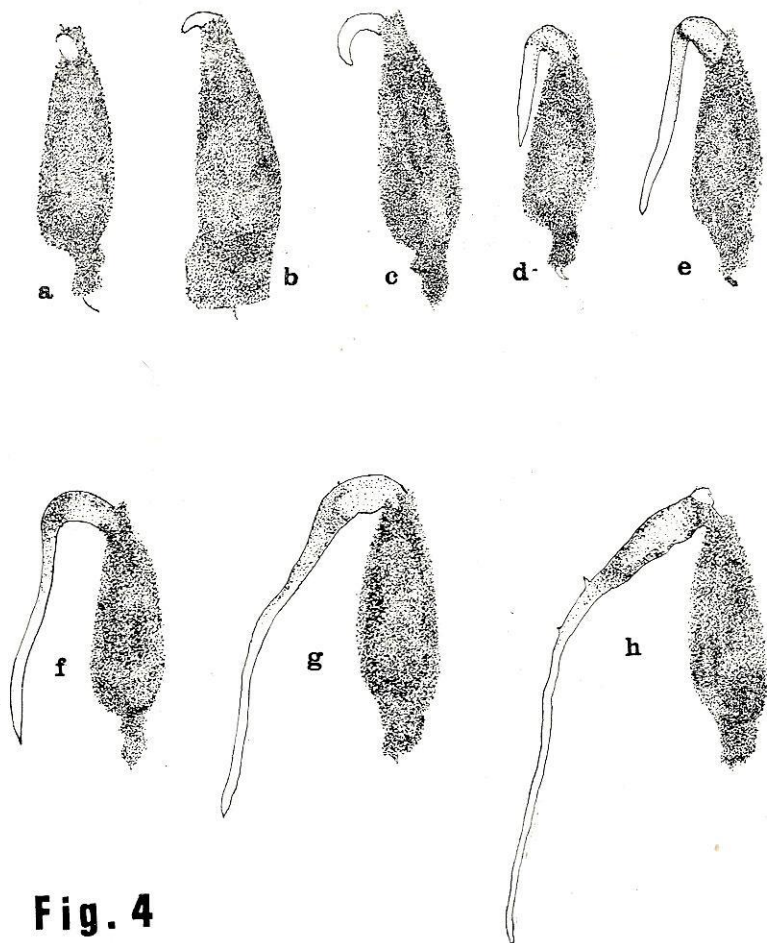
Número de días desde siembra hasta emergencia, altura del tallo desde la inserción de los cotiledones hasta el extremo de las hojas superiores, y peso total de plantines de *A. angustifolia* provenientes de semillas sembradas en 3 posiciones distintas.

Posición de siembra	Emergencia (días)	Altura (cm)	Peso (gr)
A.....	161,5	14,2	11,0
B.....	137,9	14,3	12,4
C.....	140,9	12,6	12,9
d.m.s. 5 %...	4,12	1,07	0,51
d.m.s. 1 %...	5,32	1,39	0,69

En A la plúmula irrumpe de la semilla a mayor profundidad que en B y C (Fig. 5), debiendo recorrer el talluelo una distancia mayor para alcanzar la superficie. Que ésta es efectivamente la única causa de la demora en A lo prueba el hecho que tanto en A como en B el tallo alcanza la misma altura (cuadro 1); esto indica que su velocidad de crecimiento ha sido igual en ambas posiciones. En consecuencia, las diferencias encontradas en cuanto a emergencia se deben exclusivamente a profundidad de siembra.

Koscinski (8), comparando A con B, halló que el 100 % de las plantas "germinó" en B a los 80 días de la siembra, mientras que en A requirió 120 días. Como la germinación se produce sensiblemente al mismo tiempo en todas las posiciones (*Proc. germ.*), las diferencias entre A y B observadas en aquel ensayo corresponden, en realidad, a la emergencia de los plantines.

Si bien en *C* el vástago crece con menor rapidez que en *A* y *B* (cuadro 1), esta circunstancia no llega a retrasar significativamente su emergencia, pues aquél inicia aquí su crecimiento muy cerca de la superficie (Fig. 5 C), y cubre la pequeña distancia que



**Fig. 4**

Fig. 4. — Secuencias germinativas en posición invertida.

lo separa de ella, cuando todavía no alcanza a manifestarse el efecto retardante que provoca esa posición.

*Altura.* *A* y *B* (cuadro 1) no difieren entre sí en cuanto a la altura lograda por el vástago en el transcurso de la experiencia; *C*, en cambio, ha determinado una talla inferior del mismo. El hecho que estos plantines emerjan 20,6 días antes que en *A* y casi a la par que en *B*, y a pesar de ello, su altura sea significativamente



menor que en esas dos posiciones, indica claramente que la curvatura del hipocótilo (Fig. 5 C) provoca un retardo sobre el crecimiento del tallo. La figura 4 muestra una estrecha relación inversa entre altura del tallo y magnitud de la curvatura hipocotiledonar.

*Peso.* *B* y *C* han posibilitado un mayor peso de los plantines que *A* (cuadro 1). El peso inferior de *A* reconoce varias causas. En primer lugar, el tallo de estos ejemplares (a diferencia del de *B* y *C*) carece de hojas bien desarrolladas en casi toda su longitud, excepto en su extremo (Fig. 5). En la región basal del vástago, que padeció el ahilamiento provocado por el sustrato, la expansión de las hojas se ha inhibido por completo. La dimensión reducida de las restantes hojas del tallo es más difícil de explicar. Posiblemente la condición inicial de ahilamiento del ápice caulinar (que perduró mientras éste atravesaba el sustrato) haya inducido en él alteraciones fisiológicas importantes como para determinar que las nuevas hojas, aun generándose verdes, no alcanzasen igual extensión que las correspondientes a *B* y *C* situadas a la misma altura. El ápice caular habría recuperado su condición fisiológica normal a la altura en que se observan las primeras hojas bien desarrolladas (Fig. 5). Otra razón del peso inferior de *A* es que estas plantas emergieron 23,6 días más tarde que en *B* (cuadro 1), significando este lapso un marcado retardo en la iniciación de la actividad fotosintética. Paralelamente, la región basal ahilada del tallo ha reducido en cierta medida la superficie fotoactiva total. Ambas causas han provocado seguramente una menor síntesis de materia orgánica.

El peso elevado de *C* es a primera vista paradójico. En efecto: el tallo posee aquí menor altura que en *A* y *B* (cuadro 1); como su grosor es semejante en las 3 ubicaciones, cabría esperar entonces un menor peso de la planta. El hecho que no suceda así sino a la inversa, indica una mayor magnitud del sistema radical de *C* sobre el de *A* y *B*. Aunque las raíces no se pesaron por separado en ningún caso, se apreció efectivamente que *C* poseía mayor número de raíces secundarias que *A* y *B*, siendo asimismo mayor su longitud. La curvatura del hipocótilo al par que retardó el crecimiento del vástago, estimuló paralelamente una mayor rizogénesis.

#### LEYENDA DE LA FIGURA

Figs. 5-9. -- 5, ejemplares tipos de las posiciones normal (*A*), horizontal (*B*), e invertida (*C*); 6, anomalías en posición normal. El crecimiento del talluelo ha sometido a fuerte tensión a los cotiledones, obligándolos a salir fuera de la cubierta en toda su longitud (*j*), ó en buena parte de ella (*a*, *b*, *c*); 7, ampliación de detalle de la figura 6; 8, serie ilustrativa de la magnitud de la curvatura del hipocótilo, en posición invertida; 9, anomalías y mortandad en posición invertida. *e*, el talluelo ha iniciado su crecimiento por dentro de la «semilla», efectuando un giro completo para ubicarse normalmente; *h*, la plúmula ha permanecido sin crecer.

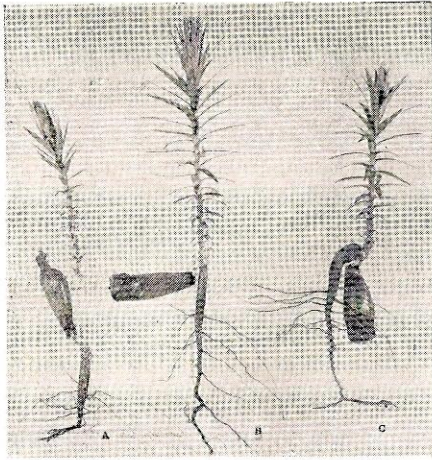


Fig. 5

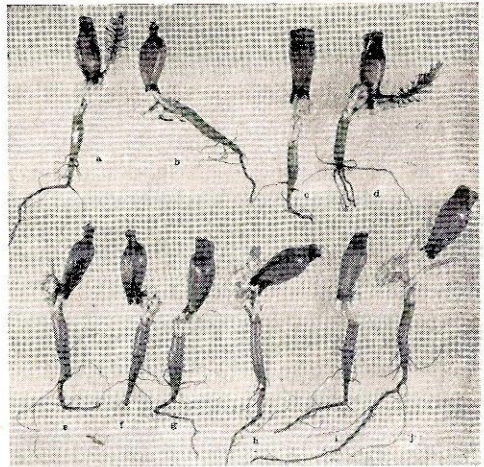


Fig. 6

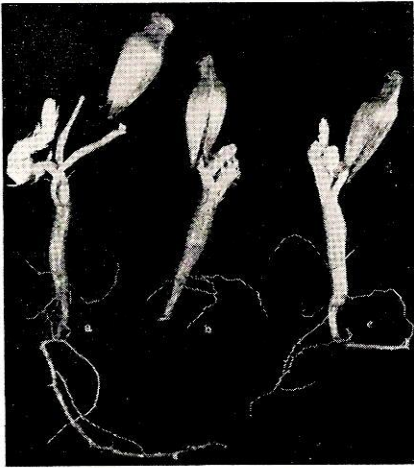


Fig. 7

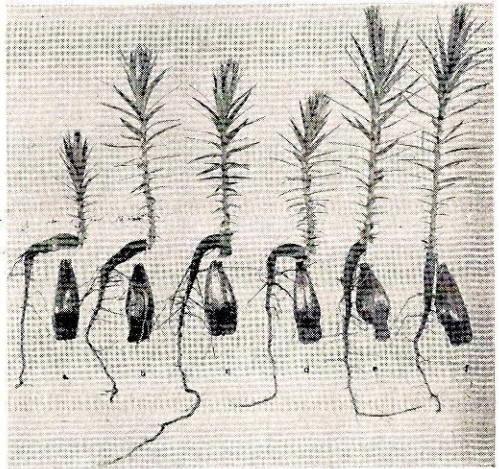


Fig. 8

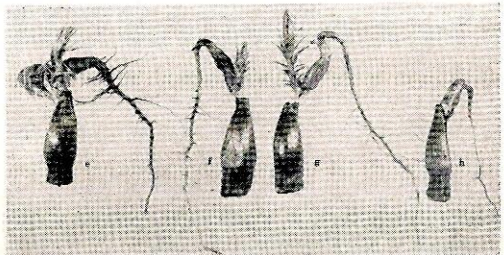
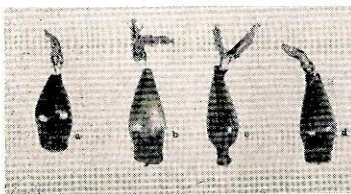


Fig. 9



*Condición de la planta.* De la comparación de frecuencias entre plantas normales y aberrantes (cuadro 2) surge que la mejor posición de siembra es *B* y la peor *C*; *A* ocupa un lugar intermedio acercándose más a *B* que a *C*. Rigurosamente hablando, *C* carecería de ejemplares normales ya que, salvo un caso (*Proc. germ.* 25 y Fig. 8 *f*), la totalidad de las plantas presentó deformaciones en el cormo, cuyas magnitudes iban en graduación continua desde poco pronunciadas a sumamente aparentes (Fig. 8). Sin embargo, el número de plantines normales fue elevado a 24 (cuadro 2) porque se estimó que las pequeñas desviaciones de sus ejes no les significaba progresar en condiciones inferiores con respecto a los ejemplares verdaderamente normales de *A* y *B*. El criterio para clasificar los plantines en una u otra categoría lo precisa el ejemplar *e* de la figura 4: los que presentaban un arqueamiento igual o inferior al suyo fueron contados como normales; los que exhibían una desviación mayor se consideraron aberrantes.

#### CUADRO 2

Condición normal y aberrante y mortandad de plantines de *A. angustifolia* provenientes de semillas sembradas en 3 posiciones distintas

Posición de siembra	Condición de las plantas		Mortandad	
	Normales	Aberrantes	Vivas	Muertas
A.....	152	15	167 *	7
B.....	175	1	176	4
C.....	24	127	151	29
$\chi^2 =$ tabulado 1 %.	9,21		9,21	
$\chi^2 =$ calculado.....	315,9		29,6	

\* Por omisión 6 semillas no se sembraron.

Las aberraciones en *A* ocurren solamente en el vástago, siendo hipocótilo y raíz normales (Fig. 6). En *C* por lo contrario, sucede a la inversa (Fig. 9). Excepcionalmente un solo ejemplar mostró también el vástago anómalo (Fig. 9 *e*).

El valor de  $\chi^2$  calculado (cuadro 2) revela una asociación altamente significativa entre posición de siembra y condición de las plantas. Precisando aún más, esa asociación se cumple principalmente para *C* por el monto de sus ejemplares aberrantes.

*Mortandad.* A efectos de simplificar, hemos incluido dentro de este concepto semillas no germinadas. Estas constituyen el total

del rubro en *A* y *B* (cuadro 2). En *C*, en cambio, ellas representan sólo una fracción del total que coincide tal vez con el valor de *A* o *B* o, mejor, con su promedio. El monto restante lo integran plantines diminutos que murieron prematuramente al secarse sus raíces en contacto con el aire (*Proc. germ.* 20 y Fig. 9).

Existe aquí también una asociación altamente significativa entre posición de siembra y mortandad (cuadro 2). En este caso la asociación vale exclusivamente para *C*, que es la única posición que posee plantines muertos. La muerte de los plantines dependió en realidad de la escasa profundidad de siembra, factor que se hizo limitante sobre todo en *C*. Si el arqueamiento del cormo se hubiere realizado en esos casos por dentro del sustrato (como en el caso de los ejemplares) su muerte no habría ocurrido. Este concepto tiene pues un valor relativo como medida de la influencia de la posición de siembra, ya que la muerte de los plantines dependió no de esta última, sino de las condiciones de la experiencia.

#### DISCUSION

Las semillas de esta especie, al precipitarse naturalmente sobre el piso forestal, pueden disponerse en cualquiera de las tres posiciones extremas ensayadas (*A*, *B*, *C*) o, por lo menos, en posiciones asimilables a ellas. No obstante, como uno de sus diámetros predomina sobre el otro, *B* será lógicamente la más frecuente. No ha de inferirse por ello que ésta sea necesariamente la orientación más adecuada. *B* obliga a que el cormo de la plántula se curve al iniciar la germinación, y se desencorve posteriormente, habiendo realizado aquélla un trabajo aparentemente inútil desde el punto de vista de su economía. En *A*, por lo contrario, la semilla germina satisfaciendo su polaridad, y origina la planta en su posición definitiva. Sin embargo, surge de este ensayo que *B* es efectivamente y en todo concepto la mejor posición de siembra. Esta especie prefiere paradójicamente una posición de siembra que niega su polaridad seminal (*B*), pero que le permite desarrollar un mecanismo invariablemente seguro (*Proc. germ.* 12 y 13) para ubicar correctamente a su germen, a una posición normal (*A*) en la que no necesita usar mecanismo alguno para ello.

En *A*, la permanencia de la "semilla" sobre la plántula en crecimiento determina que tanto el hipocótilo como los cotiledones sufran presiones a medida que se agrandan (*Proc. Germ.* 4 y 7). Las plantas son respectivamente normales o aberrantes según que la plúmula haya abandonado o no la "semilla" al iniciar su crecimiento. Como a su vez la irrupción de la plúmula fuera de la "semilla" depende directamente de la expansión de los cotiledones, ésta es, en definitiva, quien determina la condición de aquéllas. En *B*, la "semilla" yace a un lado de la plántula, permitiendo libre-



mente la elongación total de esos órganos y el enderezamiento completo del hipocótilo. Esta es la clave de que todos sus plantines sean normales.

Los resultados de este ensayo valen únicamente para el período de almácigo de los plantines. Dos de los conceptos valorados, *emergencia* y *mortandad*, son, por su carácter, estables en cuanto a su significancia estadística. En los conceptos restantes, las diferencias existentes entre las tres posiciones irán perdiendo gradualmente su significancia al par que progresen los ejemplares. Por una parte, los márgenes de significancia estadística serán cada vez mayores; por la otra, factores de orden nutricional incidirán más intensamente sobre los conceptos medidos que la posición de siembra original. Esto resulta evidente para *altura* y *peso*, no así para *condición de la planta*. Sin embargo, la condición anómala de los plantines de C y parcialmente de A seguirá un curso parecido. En efecto: al ir desarrollando estos ejemplares su estructura secundaria por actividad del *cambium*, las curvaturas del cormo se disimularán en buen grado aunque tal vez sin desaparecer por completo. Esta aseveración, un tanto aventurada, tiene por base la semejanza de ese proceso con la evolución de los injertos de yema. Estos brotan situándose inicialmente en forma lateral al patrón, pero posteriormente, el crecimiento diametral armónico de ambos hace que se ubiquen uno perfectamente encima del otro en el árbol adulto.

La posición de siembra tendría pues vigencia en esta especie principalmente en los primeros años de vida de las plantas y, sobre todo, hasta el estado de plantines.

#### RESUMEN

Semillas de *Araucaria angustifolia* se sembraron en tres posiciones diferentes: normal (A), horizontal (B), e invertida (C). B resultó la mejor orientación en cuanto a rapidez de emergencia, altura del tallo, peso total de la planta, constitución normal de la misma, y carencia de plantines muertos. A retrasó en 23,6 días la emergencia de los ejemplares con respecto a B. El tallo alcanzó aquí igual altura que en B, pero el peso total de la planta fue significativamente menor. Además, un 8,9 % de los plantines presentó notables curvaturas en el vástago. En C, el hipocótilo quedó curvado en mayor o menor medida en todos los ejemplares. Esta curvatura retardó el crecimiento del tallo, cuya altura fue significativamente inferior a la de A y B. No obstante, la emergencia de los plantines no se atrasó significativamente porque la siembra fue muy superficial. Esta última circunstancia ocasionó que varias semillas proyectaran, al germinar, sus raíces hacia la atmósfera. En estos casos se originaron plantines diminutos que murieron posteriormente. A pesar de su menor altura, el peso total de la planta

en *C* coincidió con el de *B*, lo que indica una mayor magnitud de su sistema radical sobre el de las otras dos posiciones.

Se mencionan varias implicancias de orden botánico, fisiológico y ecológico que plantea la posición de siembra en esta especie.

#### BIBLIOGRAFIA

1. BARRET, W. H. G. 1958. *Las plantas cultivadas en la República Argentina. Araucariáceas*. Secr. Est. Agr. y Gan. Nac. I. N. T. A. Inst. Bot. Agr. Buenos Aires. Vol. I, Fasc. 19.
2. BONDOD, L. O. y CREENCIA, R. P. 1962. *Studies on cacao seed germination*. The Philipp Agricul. 46 (1) : 38-44.
3. COZZO, D. 1965. *Plantación «versus» siembra directa en la formación de bosques con «Araucaria angustifolia»*. Rev. Forest. Argentina 9 (1) : 11-21.
4. CROCKER, W. y BARTON, L. V. 1953. *Physiology of seeds*. Waltham. Mass. Chronica Bot. Co.
5. ESPINO, R. B. 1923. *On the germination of coconuts*. The Philipp Agricul. 11 (6) : 191-200.
6. HICKEL, R. 1926. *A propos de la germination des «Araucaria»*. Bull. Soc. Bot. France 73 : 968-70.
7. KOLLER, D., MAYER, A. M., POLJAKOFF-MAYBER, A. y KLEIN, S. 1962. *Seed germination*. Ann. Rev. Pl. Physiol. 13 : 437-64.
8. KOSCINSKI, M. DE. 1932. *O pinheiro deve ser semeado ou transplantado?* Bol. Agricultura (Sao Paulo) 33º : 364-68.
9. MAYER, A. M. y POLJAKOFF-MAYBER, A. 1963. *The germination of seeds*. Pergamon Press, Oxford.
10. SCHULTZ, E. F. 1942. *El pino de Brasil o «pino misionero»*. Una especie maderable de porvenir para Tucumán. Rev. Indust. Agric. Tucumán 32 (10, 12) : 308-12.
11. SERPA, D. 1960. *Semilleros de mango*. Agricul. Venezol. 24 (218) : 14-15.
12. SINGH, H. y RAO, A. M. 1963. *Seed germination and seedling morphology in «Durio zibethinus»*. Malayan Forester 26 (2) 98-103.
13. TYMKO, M. M. 1963. *The effect of seed position in the soil on the formation of the root stem in walnut seedling*. Bot. Zurnal 48 : 1121-30.
14. U. S. D. A. 1952. *Manual for testing agricultural and vegetable seeds*. Agriculture Handbook n° 30. Washington D. C.
15. U. S. D. A. 1961. *Seeds*. The yearbook of agriculiture. Washington D. C.