

---

24 - ABRIL - 1952

DIVULGACION FORESTAL

**A L U D E S**

por

Martín Agustín

Con amabilidad que agradecemos, don Martín Agustín vino a honrar nuestra salita de Ciencias Naturales, en el Museo de San Telmo, para dedicarnos su valioso estudio sobre "ALUDES" que con palabra segura y frase precisa desarrolló ante los asistentes. Su completo conocimiento del problema y soluciones proporcionadas en el área del Pirineo—Panticosa-Canfranc— nos dicen algo del colosal esfuerzo de nuestros Ingenieros de Montes cuyas obras admiramos y aplaudimos en su triunfo constante sobre aquella Naturaleza que antaño destrozaba, libre y poderosa, poblados y medios de comunicación.

Necesidades de impresión nos obligan a ofrecer a nuestros socios y lectores la presente conferencia con alguna pequeña supresión que en nada altera el contenido sustancial de la misma.

Por Alud entendemos una masa de nieve que después de hallarse en el suelo, acaba por descender ocasionando daños en su recorrido proporcionales a su volumen, velocidad, estado de la nieve, etc.

Es necesario evitar estos daños por medio de obras de arte y plantaciones emplazadas en lugares convenientes.

Algunos autores consideran los aludes como útiles al dejar más pronto libres las laderas de las altas montañas de la nieve, lo que favorece un más rápido calentamiento del suelo y una primavera más adelantada, lo que resulta beneficioso para agricultura y apicultura; hasta se llega a considerar los aludes como fenómeno alpestre ventajoso por grandes que sean en casos aislados, sus devastaciones. Hay quien considera que, sin ellos, no entraría la primavera en la alta montaña y caminaríamos a un estado de cosas análogo a la época glacial.

Creemos no se deben aceptar en absoluto estas opiniones; para la vegetación podría ser más ventajoso permaneciera la nieve donde cae el tiempo suficiente para que el sol y los vientos la derritieran y evaporaran lentamente. A estos factores, más al primero, obedece la desaparición de la nie-

ve. Parece aceptable que primaveras tardías son más ventajosas a la vegetación que las tempranas debido a que la nieve ofrece cubierta protectora contra el frío y vientos secos, lo cual se desea especialmente en los pastizales desde otoño hasta las heladas tardías de la primavera. Si el manto protector desaparece por aludes u otras causas, el pastizal queda expuesto a las inclemencias de los temporales invernales. Los aludes que entonces se desprenden, planchan el pastizal que apenas logra brotar en primavera.

El fenómeno del alud no se debe solamente a causas naturales; el hombre toma parte muy activa en ellos —talas, incendios, pastoreos, etc.— de tal manera que sin su intervención, los aludes serían menos abundantes y las zonas de vegetación más elevadas y extensas.

Pueden tranquilizarse los que creen que con los trabajos de corrección de aludes se pierde uno de los más notables y característicos espectáculos alpestres, ya que cada año aparecen tantos o más aludes que los extinguidos artificialmente.

La aspiración general, natural es la de llevar al estado de reposo los aludes que causan daños a edificaciones y vidas. A pesar de nuestros esfuerzos gran número de aludes continuarán prestando su emoción a la salvaje belleza del paisaje.

El funcionamiento del alud es complejo y da lugar a distintas clasificaciones. M. A. Campagne los divide en terrestres, volantes y mixtas. Los primeros, en su marcha, no dejan de hacer contacto con el suelo. Pueden ser de fondo o superficiales según afecte el movimiento a todo el espesor de la masa de nieve o solamente a alguna de las capas más exteriores. La causa principal de que se origine esta clase de aludes consiste en que la nieve se ha depositado en terreno muy pendiente en el que se verifica que la componente tangencial del peso de la nieve —que tiende a producir resbalamiento es mayor que el coeficiente de rozamiento. La nieve, en equilibrio inestable, debido a una causa exterior cualquiera —presión del viento, caída de una piedra, rotura por deshielo— rompe su fuerza de cohesión y el alud se origina con sus consecuencias. El alud terrestre es el más corriente cuando nieva con intervalos de tiempo claro. La capa superficial de la nieve que con el sol comienza a fundirse, se hiela por la noche; el fenómeno se repite y tendremos una serie de bancos de nieve separados por láminas de hielo a manera de estratos. En la primavera la lluvia funde la nieve no helada y preferentemente hace desaparecer las capas que están en contacto con el suelo y es entonces cuando a la menor causa —el aleteo de un pájaro— se produce el movimiento, resbalan unas capas sobre otras en grandes masas que se precipitan por laderas o depresiones y siegan, a favor de su estructura laminar, cuanto se opone a su paso como verdaderas cuchillas produciendo, a igualdad de volumen, mayores desastres que los volantes por su mayor peso.

Los aludes volantes son masas de nieve transportadas por el viento. En los inviernos fríos, cae nieve pulverulenta. Continúa el frío, la fusión no se inicia y el viento levanta la nieve como el polvo de los caminos o las arenas de la duna. Al chocar contra un obstáculo o cesar la fuerza del viento, se detienen en mayor cantidad cuanto mayor sea la acción del obstáculo formando grandes masas —en Huesca, "cuniestras"— llamadas ventisqueros que precipitándose bruscamente originan los daños consiguientes en el lugar donde caen.

Si el sitio donde esto sucede es de mucha pendiente y había nieve acumulada, pueden originar otro alud de fondo o superficial; se suman las dos masas y llegan, juntas, a la parte baja en forma de "alud mixto".

Una idea del poder arrollador de estas masas de nieve la da el dato que

cita un compañero nuestro sobre un alud caído en Panticosa —febrero de 1915— de 48.000 m., deslizándose a lo largo de una pendiente de 60° desde una altura de 700 metros a velocidad de 115 m. segundo, coeficiente de rozamiento de nieve sobre nieve de 0,03, superficie normal al viento de 480 m., y un coeficiente de resistencia al aire de 0,08 lo que daría 4 millones de tonelámetros, es decir la fuerza de un río que se despeñase de un kilómetro de altura con un caudal de 4.000 m<sup>3</sup>. Estos aludes mixtos son los más frecuentes y los más terribles, pues unen a la enorme masa de los de fondo la violencia de los volantes con la agravante de que la nieve está endurecida.

Tres factores intervienen en la formación de los aludes mixtos: naturaleza de la nieve, forma del terreno y fuerza del viento. La primera ha de ser pulverulenta —nevadas a bajas temperaturas— de manera que las capas no queden soldadas para que puedan ser arrastradas por el viento. El terreno en forma de cono invertido abierto en el sentido de una de sus generatrices. El viento huracanado para que la masa de nieve arrastrada sea considerable.

En la montaña se oye decir que un ciclón precede al alud. Esto tiene una explicación: en las cuencas de los torrentes —forma de embudo abierto por una de sus generatrices— penetra el viento chocando con las paredes, originando un torbellino que arrastra con fuerza el polvo de la nieve, al que imprime su movimiento de giro elevándolo hasta gran altura en forma de cono invertido —a veces, mil metros—. Al enrarecerse el aire dentro del cono y cesar el viento, la nieve cae con fuerza mucho mayor que la ordinaria, en masa, de manera análoga como caería en el vacío adquiriendo la fuerza necesaria para salir violentamente por la escotadura precedida de una verdadero ciclón producido por el violento escape del aire contenido en la cuenca del torrente donde generalmente se forman.

Cuando la cantidad de aire es grande, la violencia de la expansión produce daños considerables. Así ocurrió repetidamente en el valle de Canfranc: la masa de nieve con los árboles arrancados y arrastrados, llegó hasta la ladera opuesta —50 metros— derribando y destruyendo árboles y ventanas de las edificaciones y pudiendo observarse que fué el huracán quien los destruyó.

Estudiando las causas que intervienen en la formación de un alud llegaremos a una conclusión: la posibilidad de evitar en plazo breve la formación de aludes terrestres y mixtos y a la enorme dificultad de conseguir esto mismo con los volantes. Para los últimos, contamos con un solo, insustituible medio de defensa: el monte protector. Como de momento no se puede contar con él, resulta indispensable acudir a la ejecución de obras que nos proporcionen la protección deseada y por otra parte, consigamos dar firmeza al terreno y estabilidad a la nieve para hacer posibles los trabajos de repoblación.

Dos fines distintos, pero necesarios, pueden tener las obras de corrección de aludes: El primero impedir el alud, el segundo hacer que el alud quede detenido en ciertos sitios o dirigido a lugares donde el daño sea mínimo. Los primeros son los indispensables y los únicos que deberían emplearse, pero no puede prescindirse de ejecutar también los segundos.

Las obras pueden emplazarse en tres lugares: donde se inician, donde se deslizan o donde se depositan. Teóricamente se demuestra que la formación del alud de fondo depende exclusivamente de la pendiente. El problema queda reducido a transformar un suelo liso de excesiva pendiente en otro escalonado de manera que los distintos planos resultantes mantengan entre sí una inclinación determinada de antemano. La resolución técnica del problema.

no ofrece dificultades, pero no sucede lo mismo en su realización práctica donde hay que vencer grandes obstáculos. Esto es debido a que el factor pendiente —el más importante— no es el único, habiendo que contar con el estado de la superficie del suelo, naturaleza del subsuelo, vegetación, manantiales, altitud o exposición, importancia de lo que se trata de defender, etcétera, los que, o aisladamente o sumados unos con otros, ejercen tal influencia sobre el primero, que llegan a desvirtuar su efecto, obligándonos a construir obras más numerosas en sitios menos pendientes. La experiencia, las observaciones locales nos ayudan en cada caso.

Las obras empleadas son en número y variedad: banquetas, plataformas, redes, pantallas, muros de sujeción de caminos, tajanieves, grapas, diques vacíos, muros de desviación, etc. Son más eficaces las que tienen un resalte sobre el terreno. Construidas las obras es cuando procede implantar la repoblación.

Los daños ocasionados por los aludes son más importantes que los torrenciales, debido a la enorme fuerza viva que adquieren cuando la masa es de importancia.

Los estragos más resonantes conocidos por nosotros, lo han sido en Panticosa. En 1817, el Gobernador Militar de Jaca, don Luis Maria Adriani, presentó una Memoria en la que hacía resaltar lo indispensable de acudir a la observación y reglas de Ingenieros para asegurarse de los torrentes de nieve que se desprenden al Baleario. Desde entonces los aludes persistían en toda su intensidad; ningún trabajo de defensa se había intentado seriamente. La Sociedad del Baleario había pagado con creces su indefensión. En 1915 un alud destruyó el Hotel de la Pradera, el edificio de la Laguna, la casa de obreros, el matadero, parte del garaje y del Hotel Continental y todo el mobiliario. La tasación de daños ascendió a pesetas 1.051.663,27. En 1919 se produjeron nuevos aludes con pérdidas cifradas en 60.000 pesetas y en 20.000 las del año 1935. La Sociedad solicitó la ayuda del Estado, ya que la amenaza se veía agravada por la presencia de importantes instalaciones hidroeléctricas.

Los aludes de Panticosa se producen en pendientes de 120° en fuertes acantilados graníticos pertenecientes a un monte de utilidad pública de altitud máxima de 3.043 metros. En el proyecto que elevamos a la Superioridad el año 1935 se proponían obras de retención y encauzamiento que tenían por objeto rebajar el ángulo de inclinación, reduciendo a cero la componente tangencial, aumentando la gravedad y estabilidad de la masa.

Los trabajos llevados a cabo en Canfranc fueron de envergadura y resultados sorprendentes y se deben al Convenio Hispano-Francés de construcción de la línea férrea de Zuera —España— a Olorón —Francia— salvando la frontera mediante un túnel que atraviesa el puerto de Somport. Una de las obras más importantes del ferrocarril era la de su Estación Internacional emplazada en nuestro territorio. Tras obligadas discusiones y vicisitudes, se decidió su emplazamiento en un pequeño ensanche que ofrece el valle 4 kilómetros aguas arriba, del pueblo de Canfranc, sobre el río Aragón, lugar conocido por los Arañones. La zona se hallaba batida por seis torrentes y la Estación estaría expuesta a lo saludes que cruzaban el lugar de una a otra ladera. Para corregir estos fenómenos se nombró al Ingeniero de Montes señor Ayerbe, cuyo proyecto fue aprobado. Puesto en ejecución, se observó que según avanzaban las obras, los datos suministrados por los nativos eran erróneos en parte por desconocer realmente los accidentes y fenómenos o porque trotaran de disminuir la importancia real de los aludes, conocedores de la riqueza que representaba para Canfranc la construcción

de la Estación Internacional. Las cuencas de recepción se alcanzaban con dificultad, comprobándose que lo que a distancia se había tomado por pequeño surco, ligera erosión, fuera un gran torrente suministrador de miles de metros cúbicos de materiales de acarreo.

El invierno de 1915-1916 fué desastroso por los daños ocasionada por los aludes. La Comisión Internacional solicitó un mayor impulso a las obras que ejecutaba el Servicio Forestal Español, lo que fué atendido hasta alcanzar las inversiones, en 1936, nueve millones de pesetas. De las obras realizadas, merecen especial mención el "dique hidráulico" llamado "vacío", provisto de una gran alcantarilla de 4 metros de luz por 6 de altura. La idea de su construcción se la sugirió al Ingeniero la propia Naturaleza, al observar en la producción de un alud cómo dos enormes abetos cruzados lo detenían. El sistema dió grandes resultados.

Actualmente funcionan la Estación y el Poblado, sin que hayan sufrido el menor perjuicio a pesar de haberse presentado años de prueba. Los aludes quedaron detenidos en los diques y estos se mantienen en condiciones de seguir funcionando. Algún corrimiento parcial producido en los deshielos se formó, siempre, debajo de las defensas, no moviéndose por encima de ellas ni un metro cúbico de nieve. En todo caso, como hizo notar el Delegado francés, Mr. Aroles en la Sesión de la Comisión Internacional del año 1922, estos trabajos presentan un carácter aleatorio. En esta idea quedaron abiertas las cuentas para un plazo fijado y así continúan. En 1936 elevamos a la Superioridad un proyecto de conservación de la obra y de protección de la misma. Lo construido hasta el presente tiene —salvo excepciones— carácter transitorio; el remedio contra los aludes sólo existe en la plantación forestal, ya que la defensa natural que ofrece el árbol no es otra cosa, en definitiva, que gigantesca estacada viviente que no sólo no tiene gastos de conservación, sino que es capaz de producir una renta; su acción es mucho más eficaz por alcanzar a toda la nieve caída y no limitarse, como las obras de arte, a las partes inferiores. Además es el árbol protector el único medio de evitar los aludes volantes, debido al efecto amortiguador que produce en las corrientes aéreas la masa del bosque.

Por desgracia, el proceso de Formación de un monte protector es necesariamente lento, especialmente a grandes altitudes. Las condiciones de temperatura durante el movimiento de la savia son sumamente desfavorables por su escasa oscilación diurna y escasa media calorífica o la presencia en todos los meses de algún día con mínimas muy bajas ( $-15^{\circ}$ ). En lo alto de los Arañones hemos visto nevar todos los meses del año, excepto julio.

Si a estas causas de orden fisiológico se añaden otras de orden mecánico —peso de la nieve, desprendimiento de piedras, destrozos ocasionados por vientos y aludes, etc.— no puede extrañar se necesite un período considerable de años para que el árbol haga sentir su benéfica influencia. Sin embargo, en los Arañones, a los 15 años de comenzadas las plantaciones, se encontraban vestidas las laderas en zonas estratégicas, protegiendo nuestros trabajos.

No puedo terminar este breve relato y exposición de hechos, sin rendir un recuerdo de admiración y simpatía a mis compañeros Ayerbe, Azpeitia y Ganuza como autores y ejecutores de los proyectos de defensa contra aludes de Canfranc; se trataba de defender servicios internacionales de los que dependía el buen nombre del Cuerpo, cuya misión es vencer al alud y devolver la tranquilidad, riqueza y bienestar a los pueblos de la Patria.