

EXPERIENCIAS E IDEAS PARA EL AULA

EL MANTO NIVOSO, UNA CAJA DE SORPRESAS

The snow cover, a surprise box

Montserrat Mases y Marta González*

RESUMEN

La nieve, especialmente en las zonas de montaña y de clima continental, condiciona de forma muy importante la vida cotidiana de las personas que en ellas residen y en cambio existe un desconocimiento general sobre sus propiedades y dinámica.

En este trabajo proponemos una practica de campo sencilla para la observación del manto nivoso diseñada para ser adaptada a diferentes niveles de enseñanza. Se incluye también una introducción teórica que nos servirá para entender las observaciones que realicemos en el campo.

ABSTRACT

The snow determines, specially in the mountain and continental zones, the daily life of the persons who in them reside in spite of this a general ignorance exists on its properties and dynamics.

In this work we propose a simple practice of field for the observation of the snow cover designed to be adapted to different levels of education. There is included also a theoretical introduction that will serve us to understand the observations that we realize in the field.

Palabras clave: manto nivoso, metamorfismo de la nieve.

Keywords: snow cover, snow metamorphism.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de nosotros tenemos la idea que el manto nivoso es una masa homogénea que cubre nuestras montañas en época invernal. Pero el manto nivoso es mucho mas que eso, en el mismo instante que la nieve cae empieza a transformarse según las condiciones climatológicas, esto hace que el manto nivoso esté formado por varias capas de diferentes características físicas y por varios tipos de cristales de nieve. La observación de estas capas y cristales puede constituir una practica de campo muy interesante.

El artículo se ha estructurado en dos partes: una primera de carácter teórico en la que se explica el concepto de gradiente de temperatura, la formación de la nieve y sus transformaciones (metamorfismos); y una segunda parte práctica en la que se exponen una serie de técnicas sencillas para la correcta observación de diferentes parámetros de la nieve como la dureza, densidad, tipo de grano, etc. Esta práctica es una simplificación de las observaciones que realizan los nivólogos para hacer la predicción del riesgo de aludes, los parámetros que en ella se obtienen sirven para estimar la estabilidad del manto nivoso.

FORMACIÓN DE LA NIEVE EN LAS NUBES

Las nubes están formadas por minúsculas gotas de agua. Cuando la temperatura del aire, de la nube saturada, desciende hasta los -12°C se forman pequeños cristales hexagonales de hielo llamados gérmenes, que cristalizan alrededor de partículas en suspensión que se encuentran dentro de la nube.

Los gérmenes son el inicio de los cristales de nieve, éstos van incrementando su tamaño absorbiendo vapor de agua, la forma del cristal de nieve dependerá fundamentalmente de la temperatura de la nube (figura 1):

- Si la nube tiene una temperatura de entre -6 y -10°C el cristal crecerá a lo largo de su eje C, es decir crecerán más las caras grandes formando una columna.
- Si la temperatura está comprendida entre -10 y -15°C los cristales de nieve crecerán a lo largo de su eje A, es decir se desarrollan mas las caras pequeñas formando plaquetas.
- Si la temperatura está entre -15 y -20°C los cristales de nieve crecen siguiendo las aristas formando las conocidas estrellas de nieve.

(*) CRECIT (Centre de recerca en Ciències de la Terra) c/ La Valireta núm. 5, Encamp. Principado de Andorra. crecit@andorra.ad

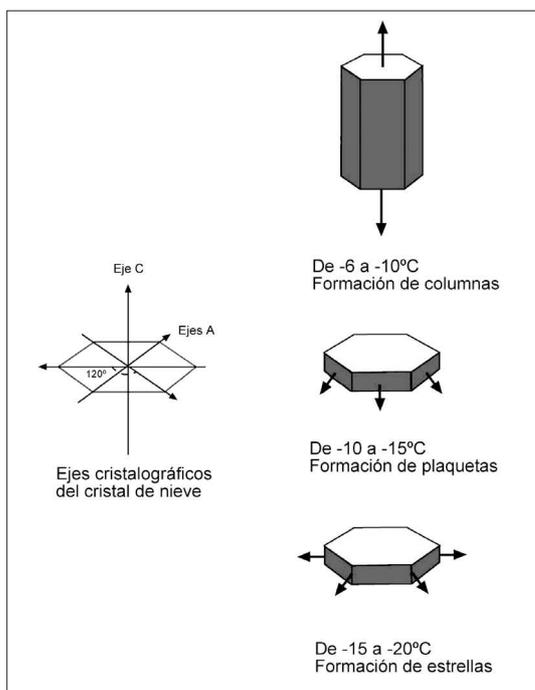


Fig. 1: La forma del cristal de nieve depende de su temperatura de formación en la nube

Cuando nieva sin viento y la temperatura ambiente es inferior a -5°C los cristales caen aislados y se depositan en el suelo formando una nieve ligera (con una densidad de alrededor de 50 kg/m^3), se trata de la típica nieve en polvo tan agradable para esquiar.

Si por el contrario la temperatura ambiente está próxima a los 0°C los cristales ligeramente húmedos se aglutinan formando los copos de nieve. Estos dan lugar a una nieve húmeda cuya densidad oscila entre los 100 y 200 kg/m^3 .

Vemos pues, que durante la nevada, tenemos varios cristales de nieve, que proporcionan al manto nivoso diferentes aspectos que a veces son fáciles de observar. Por ejemplo, hay nieve que cuando la pisamos deja la huella muy bien marcada, en cambio a veces es difícil hacer una huella, si con unos guantes intentamos hacer una bola de nieve a veces la podremos hacer sin problemas y otras los cristales se disgregaran y resultará imposible.

Pero eso no es todo, los cristales de nieve en el momento que se depositan sobre el suelo empiezan a transformarse. Los procesos de transformación son llamados **metamorfismos de la nieve**, según el tipo de "metamorfismo" que esté actuando obtendremos un tipo de grano de nieve u otro. Veamos cuales son los diferentes metamorfismos.

EL METAMORFISMO DE LA NIEVE

No debemos confundir el término metamorfismo aplicado en geología el cual hace referencia a las transformaciones mineralógicas y/o estructurales que sufren las rocas cuando son sometidas a

condiciones diferentes a las de su formación. En nivología se aplica este término a todas las transformaciones de la nieve a partir del momento de su deposición en el suelo, a temperatura ambiente con cambios estructurales pero no mineralógicos.

GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA

Para entender el concepto de metamorfismo es necesario en primer lugar introducir el concepto de gradiente vertical de temperatura (figura 2).

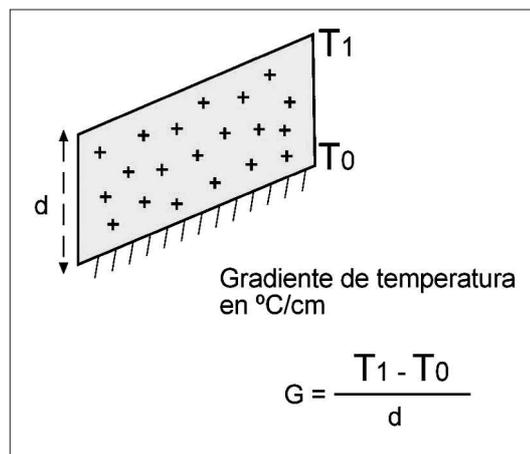


Fig. 2: Cálculo del gradiente vertical de temperatura del manto nivoso.

La temperatura en el seno del manto nivoso no es homogénea. En su parte inferior el manto nivoso limita con el suelo, éste debido al calentamiento estival y al flujo geotérmico se encuentra a 0°C aproximadamente. En cambio su parte superior limita con la atmósfera y ésta es quien condiciona su temperatura. Definimos el gradiente vertical de temperatura como el descenso de temperatura (de abajo a arriba) por unidad lineal, se mide en grados Celsius por centímetro.

- Si el descenso de temperatura es inferior a 0.005°C/cm hablamos de gradiente débil.
- Si el gradiente vertical oscila entre 0.05°C/cm y 0.2°C/cm hablamos de gradiente medio.
- Y si es superior a 0.2°C/cm entramos en la zona de gradiente fuerte.

Según el gradiente que actué en el manto nivoso y la presencia de agua líquida distinguimos varios tipos de transformaciones o metamorfismos de los granos de nieve.

METAMORFISMO DE LA NIEVE SECA

Metamorfismo de gradiente débil

En este caso la diferencia de temperatura entre un punto del manto nivoso y otro es muy pequeña. Debido a las diferentes tensiones de vapor que hay en la superficie del grano, las partes que sobresalen

subliman y el vapor de agua condensa en las partes cóncavas, el resultado es la formación de **granos finos** de un diámetro de 0,2 a 0,4 mm unidos muy a menudo por puentes de hielo (figura 3). La nieve utilizada para hacer iglus está compuesta por este tipo de granos.

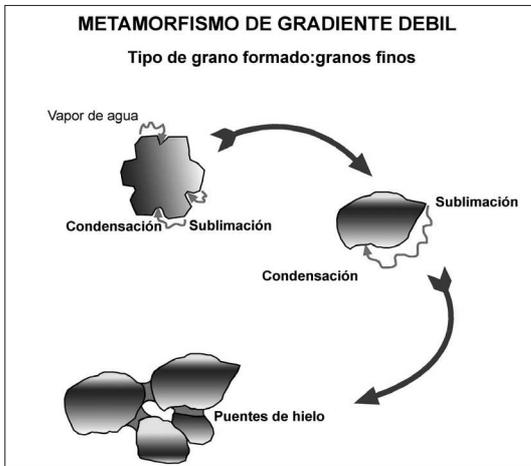


Fig. 3: Representación de los procesos que tienen lugar en el metamorfismo de gradiente débil, formación de los granos finos y puentes de hielo.

El metamorfismo de gradiente débil comporta un incremento en la cohesión de los granos y por tanto una tendencia a la estabilización del manto nivoso.

Metamorfismo de gradiente medio

En este caso cada grano de nieve tiene una temperatura un poco más elevada que el grano que tiene justo por encima. La parte superior de los granos se sublima y el vapor de agua condensa en la base de los inmediatamente superiores. Se forman las llamadas plaquetas o **granos de caras planas** (figura 4) de un diámetro de 0,3 a 0,5 mm.

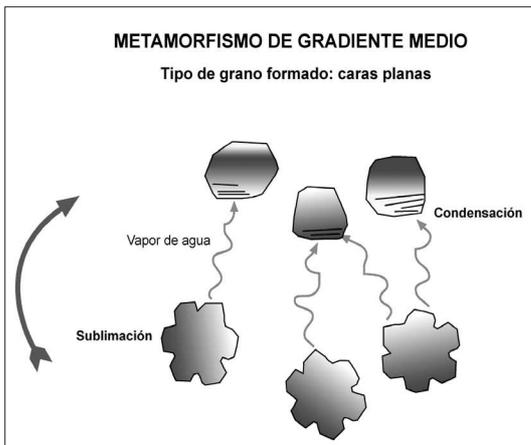


Fig. 4: Representación de los procesos que tienen lugar en el metamorfismo de gradiente medio, formación de los granos de caras planas.

Este tipo de metamorfismo no es irreversible si el gradiente disminuye los granos de caras planas pueden transformarse en granos finos con lo que el manto nivoso se estabiliza.

Metamorfismo de gradiente fuerte

La diferencia vertical de temperatura es muy importante, los intercambios de vapor de agua entre los granos (de inferiores a superiores) son muy intensos. La sublimación de la parte superior de los granos y la condensación en su parte inferior es muy rápida. El resultado es la formación de unos granos llamados **gobelets** de forma piramidal y de un tamaño que oscila entre los 0,5 y 4 mm (figura 5).

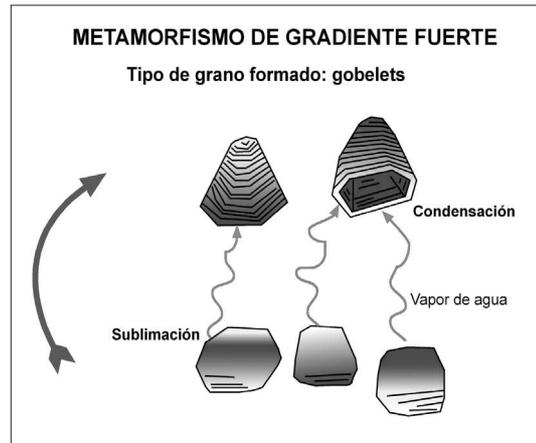


Fig. 5: Representación de los procesos que tienen lugar en el metamorfismo de gradiente fuerte, formación de gobelets..

Estos granos no tienen ninguna cohesión y pueden constituir un buen plano de deslizamiento de aludes.

Los gobelets no pueden transformarse a granos finos tan solo pueden transformarse por el metamorfismo de la nieve húmeda.

METAMORFISMO DE LA NIEVE HÚMEDA

Afecta a la nieve que contiene agua en forma líquida. Las partes convexas y los granos más pequeños funden, el agua formada envuelve los granos de nieve más grandes formando una película capilar que llena sus partes cóncavas. Esta fina película de agua hiela agrandando progresivamente los granos. Se forman los llamados **granos redondos** de un tamaño comprendido entre los 0,3 y 0,2 mm (figura 6).

El agua intersticial proporciona una cohesión de capilaridad a los granos pero cuando su presencia es importante desaparece este tipo de cohesión y el manto nivoso se inestabiliza, produciendo los característicos aludes de nieve húmeda.

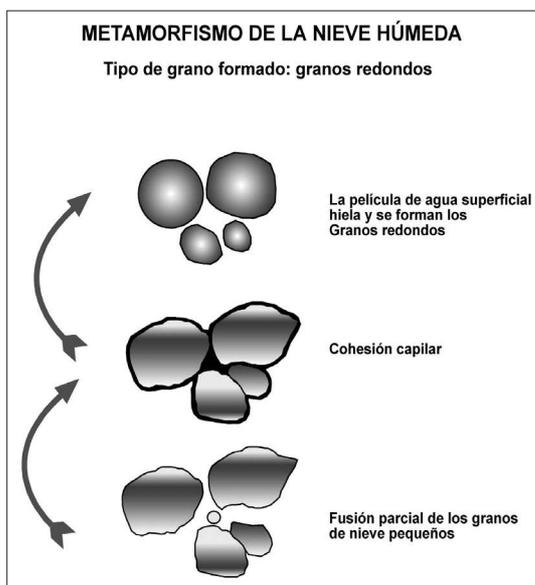


Fig. 6: Representación de los procesos que tienen lugar en el metamorfismo de nieve húmeda, formación de los granos redondos.

Si la capa de nieve húmeda se enfría el agua intersticial puede llegar a helar dando lugar a una capa dura llamada **costra de hielo**.

El agua que contiene el manto nivoso puede tener su origen en la fusión de la nieve por incremento de la temperatura atmosférica, la incidencia directa de los rayos solares o bien de una lluvia abundante.

VAMOS AL CAMPO

Si realizamos una práctica de observación del manto nivoso, es posible que tengamos que desplazarnos a zonas que puedan comportar algún peligro, ya sea por accesibilidad o por riesgo de aludes. No pretendemos aquí dar consejos de seguridad en montaña pero os animamos a consultar las páginas web dedicadas a este tema como las realizadas por el ICC (Institut Cartogràfic de Catalunya, <http://www.icc.es/allaus/home.html>) o del CRECIT (Centre de Recerca en Ciències de la Terra, <http://www.iea.ad/crecit/index2.html>).

UNA PRIMERA VISIÓN DEL MANTO NIVOSO

Como hemos visto el manto nivoso no es una capa blanca homogénea, vamos a ver que está formado por capas de diferentes colores, durezas y tipos de granos de nieve (figura 7). Para ello con ayuda de una pala haremos una zanja hasta el suelo en el manto de 1 m² de superficie. La pared de la zanja que queda al abrigo de los rayos solares nos servirá para realizar las observaciones, ésta debe ser completamente vertical. Ya a simple vista observaremos como hay varias capas de diferentes tonos de blanco y si tenemos suerte podemos ver alguna capa rojiza por la presencia de arcilla.



Fig. 7: La zanja nos permitirá observar los diferentes horizontes del manto nivoso.

MEDIDA DE LA DUREZA DE LA NIEVE

Los diferentes estratos del manto nivoso presentan durezas diferentes dependiendo de los granos de nieve que los forman y de la cohesión entre ellos. La medida de la dureza se realiza de forma cualitativa con herramientas muy sencillas: la mano, un lápiz, y un cuchillo.

Para cada una de las capas del manto, en primer lugar intentaremos introducir horizontalmente el puño, si la nieve no nos lo permite lo intentaremos con cuatro dedos, si no con uno, si no con la parte trasera de un lápiz y por último si no hemos podido lo intentaremos con el filo de un cuchillo. La dureza que se le asigna a cada capa es la que aparece en la siguiente tabla.

Si puedo penetrar la capa con	La nieve es	Y le asigno una dureza de
El puño	Muy blanda	1
Cuatro dedos	Blanda	2
Un dedo	Poco dura	3
Un lápiz	Dura	4
Un cuchillo	Muy dura	5

MEDIDA DE LA HUMEDAD DE LA NIEVE

La humedad se mide de forma cuantitativa con unos sensores llamados TEL que pueden comprarse en algunas tiendas especializadas, pero puede medirse también intentando hacer una bola de nieve con la mano, eso si cubierta con un guante. Cuanto más fácil es hacer la bola mayor será la humedad de la nieve. Para cada una de las capas del manto nivoso puede hacerse este ensayo. La tabla 1 muestra una clasificación de la nieve según su humedad a partir de éste sencillo ensayo.

Puedo hacer una bola de nieve?	Tipo de nieve	Le asigno un valor de humedad
No puedo hacer una bola, la nieve se disgrega totalmente	Nieve seca	1
Hago fácilmente la bola de nieve, los guantes están secos	Nieve poco húmeda	2
Hago una bola que deja los guantes húmedos	Nieve húmeda	3
Hago una bola que al apretarla gotea agua	Nieve mojada	4
Hago una bola mezcla de agua y nieve	Nieve muy mojada	5

Tabla 1.



Foto 1. Medida de la dureza de la nieve. Este debe realizarse siempre con el guante puesto. En la fotografía vemos que el observador puede introducir los cuatro dedos, por lo tanto la capa tiene una dureza de 2 es blanda.

Cálculo del gradiente de temperatura

Para ello necesitamos un termómetro de los que se usan en los congeladores caseros. Mediremos primero la temperatura de la superficie del manto nivoso, para ello introduciremos horizontalmente el termómetro en la pared a la sombra de la zanja a diez centímetros por debajo de la superficie. En segundo lugar mediremos la temperatura de la nieve que toca al suelo de la misma manera. Mediremos



Foto 2. Medida de la humedad de la nieve. El observador ha podido hacer una bola pero no tiene los guantes húmedos, por lo tanto la nieve es poco húmeda tiene una humedad de 2. Observar también en esta diapositiva como en la parte trasera, en la cata realizada se ven perfectamente las distintas capas del manto nivoso.

también la altura de la zanja que hemos realizado. Con estos tres datos podemos calcular el gradiente de temperatura para el conjunto del manto nivoso tal como hemos visto anteriormente. El mismo procedimiento lo podemos utilizar para calcular el gradiente de temperatura de cada una de las capas, práctica interesante puesto que normalmente cada capa tiene su propio gradiente.

Hechas estas medidas podemos proponernos diferentes cuestiones.

- ¿Por que la temperatura de la nieve del suelo es próxima a los 0°C ?
- ¿Que tipo de metamorfismo está actuando en nuestro manto nivoso?
- A iguales temperaturas ¿como variaría el gradiente (y por tanto el tipo de metamorfismo) si el manto nivoso fuese más delgado?
- ¿Y si fuese más grueso?
- Con el gradiente de temperatura medido ¿que tipo de grano de nieve podemos esperar?

Observación de los granos de nieve

Para hacer esta práctica necesitamos una lupa de 8 o 10 aumentos y la plantilla que os facilitamos en la figura 8, se aconseja plastificar la plantilla o cubrirla con un portafolios transparente.

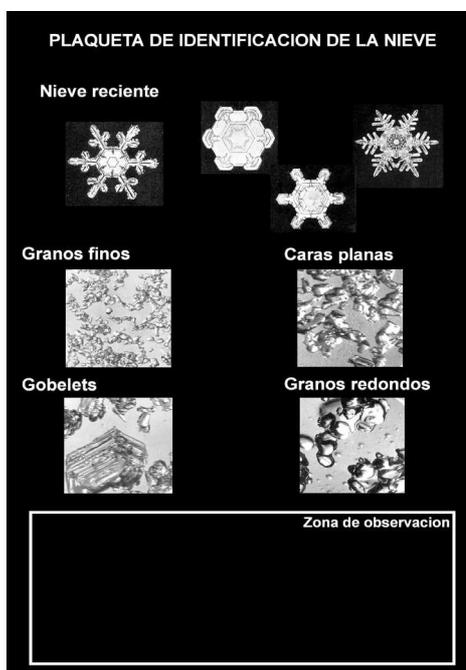


Fig. 8: Plaqueta de identificación de la nieve. Para utilizarla se debe plastificar o introducir en un portafolios de plástico. Los cristales de nieve se depositan sobre la zona de observación y se comparan con las fotografías para identificarlos.

Para cada una de las capas del manto seguiremos el mismo procedimiento, cada observación no puede durar más de 10 segundos puesto que los granos de nieve aislados se transforman muy rápidamente. Con ayuda de un cuchillo pondremos los granos de nieve encima de la plantilla, intentando no deformarlos, ni calentarnos con nuestras manos. Los observaremos con la lupa, comparándolos con los dibujados en la plantilla.

¿Que preguntas nos hacemos?

- ¿Que tipo de grano de nieve estamos observando?
- ¿Que gradiente lo ha formado?
- ¿Corresponde con el gradiente que hemos medido?
- Si no coincide el tipo de grano de nieve con el gradiente medido, ¿podría ser que los granos observados se hubiesen formado en unas condiciones de temperatura diferentes a las actuales?
- Si habeis observado gobelets ¿que significa su tamaño, si son grandes o pequeños?

LA DENSIDAD DE LA NIEVE

Para realizar esta práctica necesitamos una botella de plástico de agua mineral y una balanza o dinamómetro.

En primer lugar recortaremos la botella, de manera que nos quede un cilindro uniforme vacío por los extremos, calcular el volumen de este cilindro es fácil.

En primer lugar pesaremos el cilindro de plástico.

Introduciremos horizontalmente el cilindro en una de las capas del manto nivoso intentando no alterar la nieve sobre todo al hacer la presión. Retiraremos la nieve que queda por encima y por los lados del cilindro con el fin de poder sacarlo suavemente.

Pesaremos el cilindro con la nieve, a este peso le restaremos el medido inicialmente que corresponde al peso del plástico.

Con el peso de la nieve y el volumen del cilindro podemos calcular la densidad de la nieve.

Comparamos la densidad obtenida con la tabla siguiente:

Tipo de grano	Densidad media en kg/m ³
Nieve reciente	De 100 a 150
Granos finos	De 250 a 350
Granos redondos	De 350 a 450
Gobelets	De 250 a 350

- ¿Que tipo de nieve corresponde a la densidad obtenida?
- ¿Tienen todas las capas del manto nivoso la misma densidad? Por qué?
- ¿La nieve tiene una densidad inferior al agua, a que es debido?

CONCLUSIONES

Tal como se desprende de la introducción teórica como de los ejercicios prácticos, hemos tratado de explicar la complejidad de un elemento tan común en nuestras vidas como es la nieve. La práctica propuesta es interesante por su bajo coste y porque puede ser adaptada a diferentes niveles educativos y asignaturas (Geología, Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Física, etc.) puesto que introduce conceptos tales como densidad, sublimación, condensación, cambios meteorológicos etc. Puede ser aplicable a partir de tercero de ESO, de hecho actualmente se esta realizando en algunas facultades de geología profundizando más en los diferentes metamorfismos. Presenta el "inconveniente" de que debe realizarse forzosamente en el campo puesto que es muy costoso reproducir las condiciones naturales de la nieve en un laboratorio, y no existe ningún otro material que se pueda asimilar a los diferentes granos de nieve.

BIBLIOGRAFÍA

- Ancey, C. (1998). Guide Neige et Avalanches, Connaissances, Pratiques, Sécurité. P 335. ANENA (1995), La neige. Publications de l'école moderne française. Colección BT Nature. P 39
- Bonzom, G.; Rouillon, A. (1999). La neige et la vie, fiches pédagogiques. ANENA.
- McClung, D.; Schaerer, P. (1996) Avalanchas. Ediciones SUA-Desnivel. P 305
- Météo France (1993). Elements de nivologie. P 61. ■