



Ruta por los paisajes graníticos de Zarzalejo (Sistema Central Español)

Un ejemplo de integración ecológica entre geomorfología, hidrogeología y ecosistemas.

Juan D Centeno*¹, Miguel A Sanz*² y Manuel García Rodríguez**³

* Departamento de Geodinámica. Facultad de CC Geológicas. Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Nováis, 2, 28040 Madrid.

** Departamento de Geología Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Educación a Distancia. C/ XXXX, nº, 28040 Madrid.

(1) juande@geo.ucm.es. (2) massinfo@geo.ucm.es. (3) manu.garo@cci.uned.es.

Ficha de Ruta

Longitud	Dificultad	Duración
8,8 km	Baja	8 h

Nivel educativo

Educación Secundaria y Bachillerato. Divulgación.

Indicaciones

Geomorfología, Hidrología, Granito, Microformas, Ecología.

Sin agua potable garantizada en el camino.

Perros sujetos por presencia de ganado.

Ciclable al 95 %.

Versiones

Disponible en Guía de Turismo Natural y en Cuaderno de Campo para Estudiantes.

Índice

Ficha de Ruta	1
¿Qué hacer en esta ruta?	1
Datos prácticos generales	1
Nociones básicas	4
Hoja de Ruta	4
Agradecimientos	10
Bibliografía	10

¿Qué hacer en esta ruta?

Las dehesas de Zarzalejo (Madrid) son un magnífico ejemplo de los relieves y paisajes que se forman cuando la alteración de la roca y la erosión actúan sobre regiones graníticas. El granito es la roca más abundante de la corteza continental y por eso estas regiones son tan interesantes.

Además, el relieve de estas zonas se caracteriza porque hay afloramientos de roca fresca y muy impermeable junto a depresiones con un regolito (roca alterada) muy permeable y con buenos suelos. La lluvia que cae en las rocas va a alimentar las reservas de agua de las depresiones y así tenemos una cubierta vegetal muy variada, desde costras líquénicas a fresnedas, dependiendo de la disponibilidad de agua para las plantas.

Datos prácticos generales

Cómo llegar

En coche hasta el barrio de la Estación de Zarzalejo, en la carretera M533, que puede tomarse desde la carretera M600 (entre Valdemorillo y El Escorial) o desde la carretera M505 (en el Puerto de la Cruz Verde, entre El Escorial y Robledo de Chavela).

En tren, apeadero de Zarzalejo, en la línea C8 Madrid-Ávila.

En autobús, línea 666 (San Lorenzo del Escorial-Las Navas del Marqués) o 669A (San Lorenzo del Escorial-Navalagamella).



Figura 1. Mapa de situación y de acceso por carretera desde Madrid (creado con Google Maps).

Preparativos

La ruta es practicable en cualquier estación. La nieve es poco frecuente y, cuando la hay, espectacular y no crea problemas importantes.

En el pueblo de Zarzalejo, tanto en el Barrio de la Estación, como en el centro del pueblo hay varias tiendas donde comprar lo esencial y algunos bares y restaurantes.

Respecto al alojamiento, hay algunas casas rurales en la zona y muchos hoteles en El Escorial y San Lorenzo del Escorial.

La ruta transcurre por pistas o senderos cómodos. Abundan los bloques de roca llenos de elementos menores del relieve muy interesantes; pero escalar los bloques de roca puede ser muy peligroso y sólo deben hacerlo personas entrenadas y responsables. **MUY IMPORTANTE:** trepar por los bloques puede ser extremadamente peligroso y no se debe permitir que lo hagan los niños sin la vigilancia de un adulto.

A lo largo de la ruta se cruzan fincas privadas dedicadas a la ganadería. Tradicionalmente, las puertas de estas fincas pueden pasarse y los propietarios muy raramente ponen ninguna objeción; pero es muy importante dejar todas las puertas y cancelas como las encontremos para impedir o permitir el paso del ganado a juicio del propietario. En todo caso, la permisividad de los propietarios depende del correcto comportamiento de los visitantes y de que no causemos daño ni dejemos huellas en sus propiedades.

Cómo usar los archivos de orientación

Si ha descargado alguno de los archivos de orientación y lo tiene instalado en su GPS, podrá seguir las indicaciones de punto a punto (*waypoints*) de la ruta y en este texto encontrará instrucciones sobre el contenido de la ruta y las dificultades de la ruta para cada *waypoint*. Cada punto le indica información práctica (fuentes, aprovisionamiento, etc.), avisos sobre la ruta (desvíos, puntos conflictivos, peligros, etc.), observaciones de interés y, en algunas rutas, actividades a realizar para fomentar el aprendizaje o el aprovechamiento de la ruta.

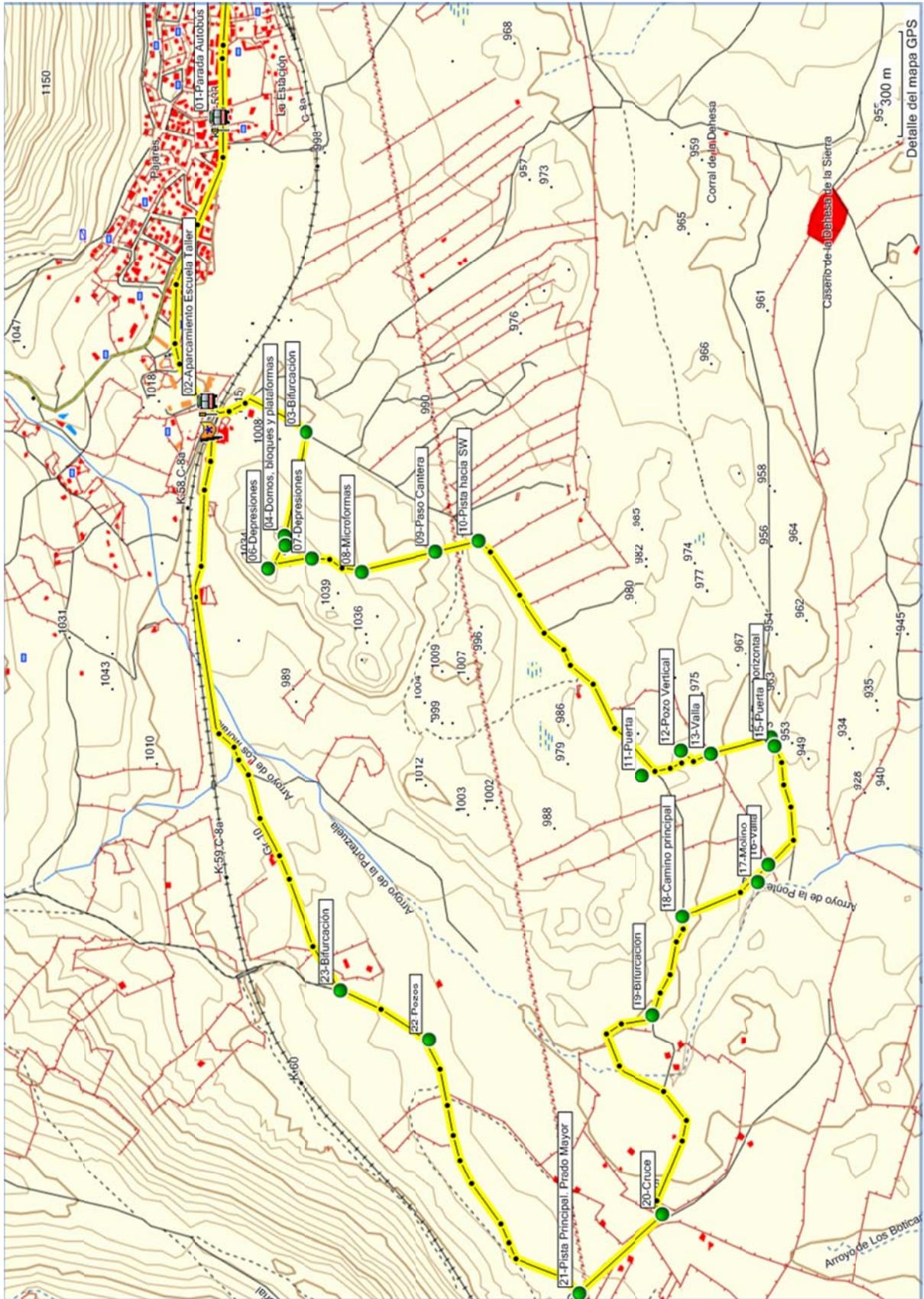


Figura 2. . Mapa topográfico y ruta. Elaborado a partir de mapas TopoGarmin con el programa MapSource.

Nociones básicas

El granito es una roca formada por la solidificación de magmas a cierta profundidad, enfriados lentamente y permitiendo la formación de cristales de cuarzo, feldespato, micas (biotita o moscovita) y otros minerales secundarios.

Cuando la erosión expone los granitos a la atmósfera y la hidrosfera, se producen cambios físicos (sobre todo cambios de volumen por los ciclos térmicos de la superficie) y químicos (oxidación o disolución de minerales, precipitación de sales, etc.). Como consecuencia, el granito se altera formando mantos de material suelto (alteritas o regolitos) que suelen tener una textura de arena, limo o arcilla. Estos mantos de alteración se erosionan con facilidad y dejan al descubierto afloramientos de roca fresca, que siguen alterándose.

En los afloramientos abundan microformas del relieve formadas por esos procesos de alteración (pilas, taffoni, etc.). Mientras tanto, en los sitios donde se conserva el regolito se instala la vegetación y se forman suelos en sentido estricto.

Hoja de Ruta

00-Apeadero de Zarzalejo, 01-Parada de Autobús o 02-Aparcamiento junto a la Escuela Taller

Hemos elegido tres puntos de partida que aparecen como waypoints 00, 01 y 02 en la ruta, aconsejados para quienes llegan en tren, autobús o coche respectivamente.

A partir del punto 02 y una vez cruzada la vía del tren por el puente, debes tomar hacia la izquierda (hacia el sureste) y seguir de frente en la siguiente bifurcación hacia la Ruta de los Molinos (hacia el sur-suroeste), rodeando la casa que queda frente al puente.

03 Bifurcación

Toma el camino de la derecha, que se dirige hacia la cantera. A la entrada de la cantera hay varios bloques de roca. Fíjate en los minerales que componen esos bloques de roca.



Manos a la obra.

Los estudiantes pueden identificar y describir los tres minerales más abundantes en las rocas de este punto, y decidir de qué tipo de roca se trata.

Para hacer el ejercicio es recomendable tener una lupa, algunos objetos para determinar la dureza: jabón (dureza ≈ 1), una llave de acero (≈ 5), un fragmento de vidrio ($\approx 6,5$) y una tabla de clasificación de minerales y rocas.

04-Domos, bloques y plataformas graníticas

Alrededor de este punto, y hasta el siguiente punto 05, pueden observarse varios afloramientos de granito de geometría convexa y con bloques de granito en distintos grados de alteración.

En los bloques puedes observar pilas (rock basins) de distintas formas, que responde a descripciones sencillas como las siguientes: pilas en sartén (más anchas que profundas), pilas en cazo (igual de profundas que de anchas), pilas en forma de sillón, pilas con un desagüe bien definido, pilas con desagüe poco definido o pilas encadenadas.



mantos de



Manos a la obra.

Los estudiantes pueden dibujar y fotografiar varias pilas. Una vez en el aula pueden comparar sus fotografías y sus dibujos y escribir una descripción de los principales tipos.



Manos a la obra.

Los estudiantes pueden dibujar un esquema de los elementos vegetales y de la arena en el interior de una o dos pilas. Es más fácil en pilas anchas y poco profundas, pero también se puede comparar una de éstas con otra más profunda que ancha. Se puede tomar una fotografía desde arriba para luego hacer un ejercicio de comparación entre el mapa realizado en campo y la fotografía.

No hay que desanimarse si no conocen los nombres de las especies. Obviamente, cuanto mejor conoces algo, más información se puede obtener. Pero, mientras tanto y como tarea de campo, pueden describir la vegetación por clases (a, b, c, etc.), dibujar y tomar fotografías y explicar sus características (evitando en lo posible la toma de muestras), para luego tratar de identificar las especies.

Siempre que se pide a los estudiantes que dibujen un mapa, aunque sea muy esquemático, se les puede recordar la necesidad de incluir una escala (aunque sea aproximada) y una flecha indicando la posición del norte.

En el borde de las plataformas de granito, la roca fresca desaparece bajo un sedimento suelto y luego bajo el suelo. En estos bordes, la vegetación (líquenes, musgos, herbáceas, etc.) se distribuye formando una zonación desde el borde hacia el centro del afloramiento y desde el borde del afloramiento hacia las zonas con suelo más profundo. Esta zonación es más evidente en los bordes de plataformas casi horizontales (porque la zonación es más progresiva y visible) que en los bordes casi verticales de algunos afloramientos.

Hay dos posibles procesos en los bordes de los afloramientos y ambos pueden contribuir a esa organización en bandas:

- Que la roca fresca se esté alterando y convirtiéndose en suelo, con lo que el suelo estaría aumentando su extensión y los afloramientos reduciéndola.
- Que el suelo y el regolito estén erosionándose y, en consecuencia, disminuyendo su extensión y espesor.



Manos a la obra.

Eligiendo algunas plataformas relativamente planas, los estudiantes pueden dibujar un mapa de la cubierta vegetal y suelo de una zona cuadrada (más o menos de 1 m x 1 m) en uno de sus bordes. Una vez más, si no conocen el nombre de las especies, deberían fotografiarlas o dibujarlas para luego identificarlas. Si repites este ejercicio en dos o tres sitios, verás que hay una pauta que se repite.

Pueden explicar las razones por las que la vegetación puede estar organizada en bandas en los bordes de los afloramientos de roca, sobre todo en el borde de las plataformas e intenta ver si hay alguna evidencia de que predomina uno u otro de los dos procesos mencionados.

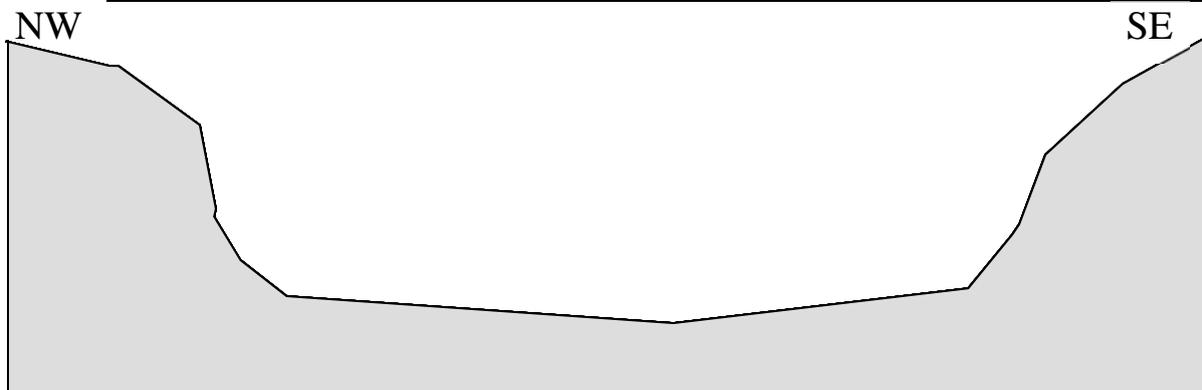


Figura 4. Perfil topográfico para representar un corte geológico y la distribución de suelos y vegetación.

05-06-07-Depresiones entre afloramientos de granito y taffoni

Entre estos waypoints hay una zona rodeada por afloramientos de roca. La depresión entre estos dos puntos tiene bordes rocosos y un fondo con un buen regolito y suelos bien desarrollados.

La depresión recibe el agua de lluvia más el agua de escorrentía de los afloramientos que la rodean. De esta forma el balance hídrico de estas depresiones es superior al que podría esperarse si sólo influyeran las condiciones climáticas. De hecho uno de los rasgos de estas depresiones



Figura 5. Taffoni y agrietamientos poligonales en un bloque de granito.



Manos a la obra.

Después de cruzar la depresión (desde el punto 05) se puede pedir a los estudiantes que dibujen un perfil topográfico esquemático entre los dos puntos o se les puede suministrar un perfil como el de la figura 4. Este perfil representa esquemáticamente la superficie, sin ninguna información geológica o ecológica, pero puede proponerse a los estudiantes que hagan varios ejercicios.

Al recorrer el espacio entre 05 y 06 (de SE a NW), se puede proponer a los estudiantes que presten atención al relieve, las rocas y los suelos, y comiencen por describir por escrito el relieve y los materiales que alguien encontraría en este recorrido. Después, pueden convertir el perfil topográfico en un corte geológico dibujando, bajo la línea que representa la superficie, los materiales y estructuras que has sido capaz de detectar.

Al recorrer el espacio entre 06 y 07 (de NW a SE), pueden centrarse en la vegetación y el suelo.

Pueden repasar la línea del perfil topográfico en dos colores, uno para las zonas con suelo y otro para las zonas con roca fresca en superficie.

Pueden representar la vegetación mediante símbolos dibujados sobre la línea que representa la superficie. Con representar cuatro categorías como las sugeridas puede ser suficiente.

Un buen ejercicio para el aula puede ser tratar de explicar la distribución de la vegetación y los suelos en función de la geología local.

Rocas o rocas con líquenes y musgos (≈)	Arbustos (>50 cm)	Árboles perennifolios (●)
Herbáceas (ω)	• perennifolios (Ω)	Árboles caducifolios (○)
Matas < 50 cm (▲)	• caducifolios (Δ)	
	• retamoides (✓✓)	



Manos a la obra.

Puede pedirse a los estudiantes que averigüen las razones por las que hay mucha vegetación en la zona de transición entre los afloramientos de roca y los suelos del fondo de esta depresión. Puedes pensar en la insolación, el agua de lluvia, el agua subterránea, la escorrentía desde los afloramientos, etc.

07-08-Microformas graníticas

Entre los puntos puedes observar domos graníticos y bloques formados por fracturación. Sobre los bloques hay algunas microformas del relieve de las que se forman por alteración de los bloques graníticos: pilas, taffoni, regueros, etc.

Además, abundan las formas derivadas de los fenómenos de encostramiento (en inglés, case hardening). Un proceso común en la alteración de las rocas es que el agua penetra a través de los poros en los

bloques de granito, altera los minerales y disuelve algunos iones, migra hasta la superficie por capilaridad, se evapora y deja un precipitado que endurece la superficie de la roca frente a sucesivos ataques de la alteración.

Un caso particular de encostramiento, es el de los agrietamientos poligonales en la superficie de los bloques. La precipitación de óxidos en las costras produce cambios de volumen que dan lugar a estas grietas. En realidad, la génesis de estas formas no se conoce completamente, pero dan lugar a relieves espectaculares.



Manos a la obra.

Puede pedirse que fotografien o dibujen los mejores ejemplos de formas derivadas de encostramiento y, en particular, de agrietamientos poligonales.



Figura 6. Estudiantes atravesando praderas desarrolladas sobre regolito entre bloque de granito con microformas, en este tramo del recorrido.

09-Paso junto a la cantera

Pasa por el sendero entre la cantera a la izquierda y un pequeño relieve a la derecha.

09-10- Pista hacia el SW

Sigue la pista hacia el SW. Caminarás por una zona de pastizales, pastizales con fresnos y fresnedas entre relieves graníticos. Aunque en esta práctica no dediquemos mucha atención a la ganadería, es una parte importante de la actividad económica de la zona que depende en cierta medida de la conservación de estos pastos y es uno de los agentes transformadores del paisaje vegetal. Un limitador de las posibilidades ganaderas es la disponibilidad de agua, que depende del clima pero también depende del relieve.

11-Puerta

Abandona el camino principal por la cancela de la izquierda y sigue hacia el waypoint 11

12-Pozo vertical

En este punto encontrarás un pequeño pozo vertical cubierto por una chapa sujeta con dos rocas. El pozo puede abrirse, pero es importante cerrarlo más tarde). Una explicación de las características de un pozo puede ser muy útil.



Manos a la obra.

Los estudiantes pueden dibujar un esquema que represente la relación entre un pozo vertical y el acuífero. En este caso, podrán decidir si el pozo está excavado en roca granítica o en regolito.

Además, deberían tomar algunos datos:

- Profundidad del agua (p). Esta profundidad varía mucho a lo largo de las estaciones.
- Altitud de la superficie junto al pozo (S). El GPS puede suministrar este valor.
- Altitud de la superficie del agua ($W=S-p$)
- Coordenadas del pozo (usando el GPS)

Por último, pueden registrar un waypoint en el GPS, lo que permitirá recuperar la posición del pozo en el aula, usando Google Earth u otro programa de posicionamiento.

13-Valla de piedra

Pasa con cuidado y procurando no dañar la valla.

14-Pozo horizontal

Esta fuente es en realidad un pozo horizontal construido como se indica en la figura. Aquí sólo te proponemos un reto: busca alguna forma de calcular el caudal de la fuente y calcúlalo.



Manos a la obra.

Si se dispone de algún recipiente, se puede calcular el caudal de la fuente. Una posibilidad es haber traído un cubo de volumen conocido.

Si no se dispone de recipiente, puede pedirse a los estudiantes que “piensen” cómo podrían medir el caudal y qué hubieran necesitado.



Manos a la obra.

Sería bueno crear un waypoint y anotar las coordenadas X, Y y Z del pozo.

Entre 12 y 14

La representa un corte geológico esquemático entre los pozos de los puntos 12 y 14. A partir de este esquema se puede entender el balance hídrico de una cuenca con un acuífero libre como el de esta zona.

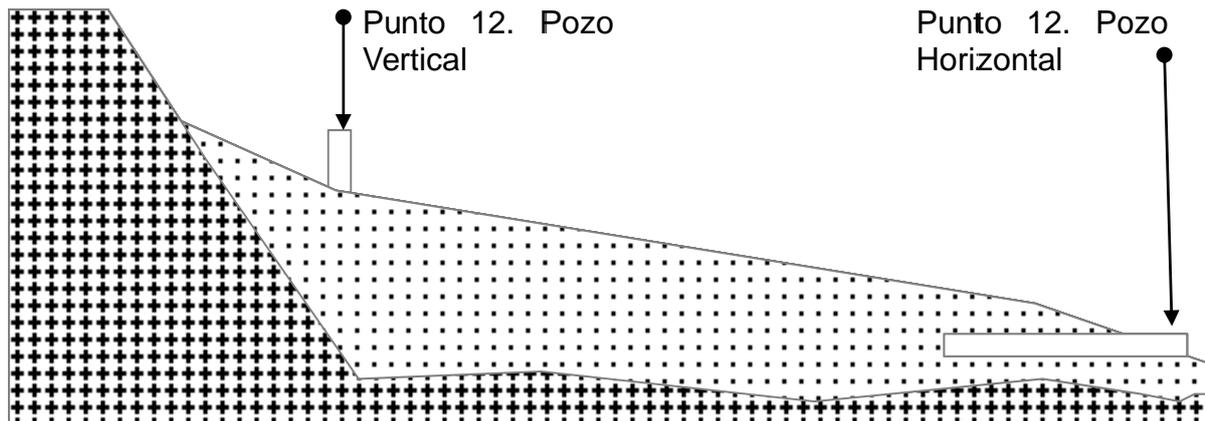


Figura 7. Corte geológico esquemático entre los puntos 12 y 14.



Manos a la obra.

Se puede pedir a los estudiantes que hagan varios ejercicios:

- Describir la cuenca en la que están situados los dos pozos.
- Representar en el corte el nivel piezométrico.
- Representar todas las posibles entradas y salidas de agua en una cuenca como ésta.

15-Puerta

Puedes pasar por la puerta pero no olvides dejarla como la encontrases.

16-Valla de piedra

Cruza la valla con cuidado

17-Molino en ruinas.

El molino muestra una placa con la fecha de su reconstrucción y el nombre de su dueño. Aparte del interés arquitectónico del molino, llaman la atención dos cosas:

Actualmente no se cultivan cereales en la zona pero un molino de estas dimensiones sólo se construiría si se trataba de moler grandes cantidades de grano.

El molino se nutría del agua del arroyo a través de un canal que llevaba agua al "aljibe" que puedes aún ver. Hoy en día, el arroyo se seca todos los veranos y difícilmente podría suministrar agua en la época de cosecha.

Estos dos problemas pueden tener varias respuestas. Por un lado, el cereal se podía cultivar en zonas llanas o en bancales construidos en laderas de pendiente variable y tal vez queden huellas de esos cultivos. Por otro lado, si el molino se reconstruyó en 1808, eso significa que había sido rentable en su primera versión. Desde 1300 hasta 1850 se extiende lo que se llama la Pequeña Edad de Hielo y tal vez el cambio climático tiene algo que ver con los usos de estos territorios.



Figura 8. Puerta del molino abandonado, en cuyo dintel puede verse que fue redificado en 1881.



Manos a la obra.

Se puede proponer a los estudiantes que, como si fueran detectives en busca de huellas, intenten encontrar en lo que queda de recorrido huellas de cultivo en la zona. No olvides que puedes encontrar huellas directas (bancales, campos de cultivo; etc.) como pruebas indirectas (herramientas, almacenes, etc.). Seguro que encontrarás algo, fotografíalo y trata de fotografiar, dibujar o describir esta huellas.



Manos a la obra.

Una vez en el aula, se puede investigar sobre la Pequeña Edad de Hielo e intentar razonar si puede haber alguna relación entre cambio climático, régimen de los ríos y abandono de cultivos.

18-Vuelta al camino principal

El sendero que sale desde la puerta del molino, hacia el norte y bordeando el depósito de agua, nos llevará a la pista por la que llegamos a esta zona.

Si tomamos a la izquierda, al llegar a la pista, seguimos con la ruta. Si tomamos a la derecha regresaremos rápidamente al punto de partida.

Los puntos siguientes servirán sólo a los que opten por continuar la ruta hacia la izquierda.

19-Bifurcación

Tomar la pista de la derecha que en seguida describe una curva pronunciada. La continuación de la pista, de frente, no tiene salida.

20-Cruce

Tomar la pista de la derecha que en seguida describe una curva pronunciada hacia la izquierda

21-Llegas a la pista principal. Prado Mayor.

Tomar la pista de la derecha.

22-Pozos y norias

En este punto estamos en una depresión muy similar a la que se visitó en los waypoints 5-7 o 12-14, aunque hay algunas diferencias importantes: el tamaño, el hecho de que esta depresión está rellena por regolito y también por sedimentos (lo que permite hablar de una pequeña cuenca sedimentaria), o el hecho de que el margen occidental de esta cuenca esté formado por rocas metamórficas, principalmente gneises.

El relleno de esta cuenca constituye un acuífero que se ha explotado tradicionalmente, dado que el relleno de textura arenosa tiene suficiente porosidad como para mantener reservas de agua a lo largo del año. En este punto hay dos pozos con los restos de la noria mediante la que se bombeaba el agua hasta la superficie. En los pozos activos, hoy en día, el agua se extrae mediante bombas eléctricas que suben el agua hasta la superficie, mientras las norias antiguas eran movidas por animales (burros, mulas, etc.) girando alrededor del pozo.

Este es un buen lugar para entender definitivamente el ciclo hidrológico en acuíferos libres.



Manos a la obra.

Se puede pedir a los estudiantes que calculen aproximadamente la profundidad del nivel piezométrico en el pozo. Si no tienen el instrumento adecuado, un limnografo o al menos una cuerda, no va a ser una tarea fácil. Si no puedes medirla, trabajaremos con una profundidad supuesta de 1 m en invierno y 3 m en verano.

Esta vez puede pedirse a los estudiantes que dibujen un perfil topográfico y un perfil geológico desde el oeste al este que pase por uno de estos pozos. Se trata de un esquema muy similar a los dos anteriores, pero en este punto es importante que observen el mapa topográfico **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, la posición del río y la presencia de rocas metamórficas hacia el oeste.

Con la ayuda de este esquema pueden resolver la siguiente tarea: Dibuja en el perfil una línea recta desde el pozo, comenzando a la profundidad a la que se encuentra el nivel freático, y el nivel del agua en el arroyo del este del perfil. Luego, prolonga esta línea hacia el oeste, hasta chocar con los gneises representados.

¿Hacia dónde debe fluir el agua subterránea que llena los poros de las arenas?

Si extraigo tanta agua que el nivel freático en el pozo desciende dos metros y el nivel freático aumenta alrededor del pozo hasta alcanzar el nivel dibujado antes a unos 25 m del pozo ¿cómo afecta esto al flujo del agua subterránea? ¿Puedes representar el nuevo flujo?

23-Bifurcación

El camino de la izquierda sube para cruzar la vía y llegar al centro urbano de Zarzalejo.

24-Fin de la Ruta

Agradecimientos

Los autores quieren mostrar su agradecimiento al Profesor Ildefonso Barrera, que más allá de su trabajo como revisor científico nos hizo numerosas aportaciones a nuestro tratamiento de los temas relacionados con la vegetación. Si su ayuda no habríamos podido terminar este trabajo.

Bibliografía

Centeno, J.D. (1987) *Morfología granítica de un sector del Guadarrama Occidental*. Editorial Complutense. Colección Tesis Doctorales nº262/88, Madrid.

García Rodríguez, M; Centeno, JD, y de Pablo, MA. (2008) Relieve y Agua en Regiones Graníticas: un Modelo Cuantitativo con Aplicaciones en la Gestión del Agua y la Geodiversidad., *M+A. Revistas Electrónicas de Medio Ambiente*. 2008, 5: 26-40.

Pedraza, J., Sanz, M.A. y Martín, A. (1989) *Formas graníticas de la Pedriza*. Agencia de Medio Ambiente. Comunidad de Madrid. 205 pp.

Vidal, J.R. y Twidale, C.R. (1998) *Formas y paisajes graníticos*. Universidade da Coruña. Servicio de Publicacións.