



EG
Escuela de
Geografía



Caracterización y evaluación hidrogeomorfológica del sitio de emplazamiento de la infraestructura de toma de agua de las nacientes Plantón y Carlos Calvo, ASADA de Cipreses de Oreamuno, Cartago

Agosto, 2022

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

23-08-2022

Señor

DEA Pascal Girot Pignot

Director

Escuela de Geografía

Universidad de Costa Rica

Estimado señor:

En atención a su solicitud en la que nos asigna una caracterización y evaluación hidrogeomorfológica del sitio de emplazamiento de la infraestructura de toma de agua de las nacientes Plantón y Carlos Calvo, así como de su entorno geográfico, pertenecientes al acueducto de la ASADA de Cipreses de Oreamuno, se hace entrega el siguiente informe.

1-Primeramente, se debe indicar que se hicieron varias visitas al campo para realizar algunos vuelos con RPAS (Sistema de aeronave pilotada a distancia) para adquirir algunas fotos aéreas oblicuas y verticales que ayudaran a una mejor comprensión de los entornos geográficos en estudio, pero resultó difícil el trabajo debido a que las condiciones meteorológicas del momento en las que se acceso al campo. Los vuelos fueron posibles hasta el lunes 11 de julio y el 29 de julio de 2022, cuando se logró levantar información de la naciente Plantón y Carlos Calvo respectivamente, (Imagen 1) para ambos casos se utilizó el equipo Marca DJI modelo Matrice 210 RTK.



Imagen 1. La imagen muestra donde se fijaron los puntos de control terrestre para la toma de fotografías de las nacientes mediante el uso de RPAS. Tomadas el 11-7-2022.

Es importante indicar que para el procesamiento de los datos capturados en estos vuelos se establecieron puntos de control terrestre y se midieron las coordenadas con precisión. Para realizar la anterior actividad, se utilizó la estación receptora GNSS, marca GeoMax que permitió la obtención de puntos de control terrestre con desplazamientos de 1 mm a nivel horizontal (X, Y) y alrededor de 12 mm en vertical. Lo anterior es importante con el fin de poder tener las coordenadas precisas para ingresarlas a la estación GNSS RTK del equipo RPAS y con ello obtener fotografías aéreas corregidas en tiempo real, permitiendo generar las ortofotos de las dos nacientes, así como el modelo de elevación de una de ellas.

2-La naciente Plantón se localiza en las coordenadas geográficas 9.906189° latitud Norte y -83.826259° longitud Oeste, que corresponden a las coordenadas CRTM05 1095374.00906 m FN y 519052.419839 m FE; a una altitud de 1830 msnm en la hoja topográfica ISTARU, la cual aflora en un frente de colada de lava perteneciente a la formación Reventado, en un sitio colindante con el límite de la zona de contacto con la formación Cervantes (Imagen 2).

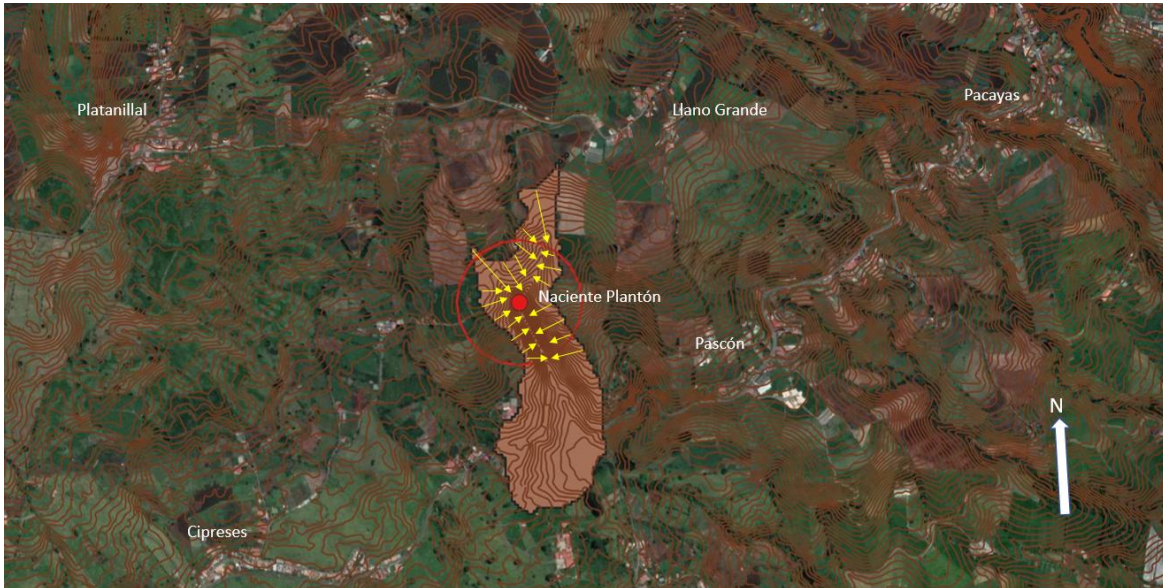


Imagen 2. En este croquis el punto rojo que señala la ubicación de la naciente Plantón dentro de una microcuenca de 0.236 km² que se desarrolla a partir de un frente de colada de lava al norte de la misma de cuyas laderas converge la escorrentía superficial conforme a lo indican las flechas amarillas hacia el curso fluvial encañonado, que corre en dirección sur. Fuente: Imagen multiespectral PlanetScope del 28-3-2022.

3-La naciente Carlos Calvo se localiza en las coordenadas geográficas 9.894653° latitud Norte y -83.84843° longitud Oeste, que corresponden a las coordenadas proyectadas CRTM05 1094097.04675 m FN y 516620.306584 m FE; a una altitud de 1750 msnm en la hoja topográfica ISTARU, la cual aflora en la de frente de dicha colada de lava perteneciente a la Formación Cervantes (colada de lava Cervantes) justo en el contacto subyacente perteneciente a la formación Reventado (Imagen 3).



Imagen 3 El punto rojo refiere a la naciente Carlos Calvo. El trazado discontinuo color blanco y las flechas en celeste indica el frente de la colada Cervantes donde surge esta naciente en el contacto con la formación Reventado. Los trazos en amarillo y celeste define una depresión cratérica, de cuyas laderas se colecta el agua esorrentía superficial e hipodérmica en dirección hacia el fondo del cráter cuya superficie es permeable. Esta depresión se localiza a unos 30 metros de altura por encima del sitio donde se localiza la naciente. Fuente: Imagen multiespectral PlanetScope del 28-3-2022.

4-Para poder comprender la dinámica hidrológica superficial e hidrogeológica asociada a las nacientes de agua potable captada en jurisdicción de las formaciones geológicas: formación Cervantes y formación Reventado, se consideró oportuno hacer un esbozo de sus características geológicas y su relación con el entorno geográfico para comprender las propiedades de las fuentes de agua que abastecen las nacientes localizadas en el contexto antes indicado, debido a que la movilidad superficial e hipodérmica del agua está condicionada por las características naturales de las rocas que conforman estos mantos geológicos e hidrogeomorfológicos, así como por el régimen de lluvias y las actividades humanas que se desarrollan sobre este entorno natural.

5-La formación Cervantes se compone de dos flujos de colada de lava, que Alvarado y Vega, (2013) diferencian como la colada Oriental formada por una litología basáltica y andesítico basáltico con una edad de 16900 años a.p. y la colada Occidental andesítica basáltica datada en unos 57000 años a.p. La naciente “Carlos Calvo” se ubica geográficamente en la línea límite de contacto geológico entre la colada Occidental y Oriental, donde ambas se depositaron sobre la formación Reventado (esta se caracteriza más abajo). Imagen 4

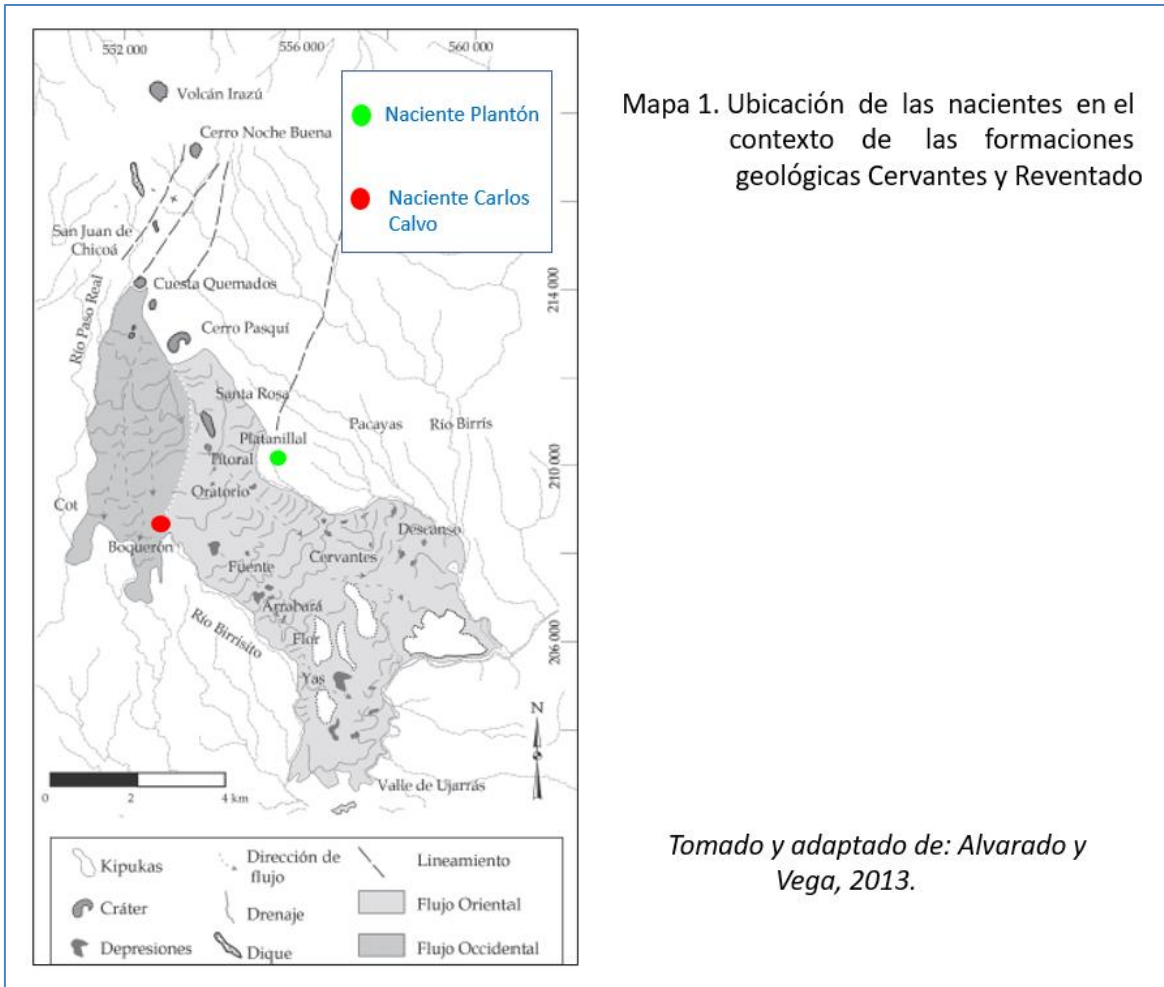


Imagen 4. Ubicación de las nacientes en el contexto de las formaciones geológicas

6-Las observaciones de campo indican que el flujo de la Occidental Cervantes se caracteriza por presentar en superficie acumulaciones de mantos de cenizas de varios metros de espesor que han favorecido siembre de cultivos hortícolas alternando con pastos de pastoreo en campo asociados a la ganadería de leche, siempre con la presencia de una continua pedregosidad (Imagen 5).



Imagen 5. A la derecha se observan los mantos de cenizas de varias decenas de centímetros de espesor cubriendo la superficie del flujo Occidental de la colada de lava Cervantes, con presencia de actividad hortícola. A la izquierda se nota el afloramiento de la densa pedregosidad producida por esta colada. Tomada el 29-7-2022.

En el caso del flujo de lava Oriental (imagen 4) se observó que presenta una menor concentración de ceniza volcánica en superficie cuyos espesores varían entre algunas decenas de centímetros posiblemente al tratarse de un flujo de lava más joven en coincidencia a erupciones cineríticas más espaciadas en el tiempo por los volcanes locales como el Irazú y Turrialba, pero se nota una superficie más pedregosa (Imagen 6 y 7) que dificulta el transitar sobre ella, así como la preparación del escaso y pedregoso suelo para los usos agrícolas o ganaderos; pero si extremadamente poroso y por ende con gran capacidad de infiltración del agua de lluvia.



Imagen 6. Esta fotografía muestra las características del flujo oriental de la colada Cervantes, en la que se nota el dominio del material rocoso, con un manto delgado de cenizas que se diferencia por un color negro. Tomada el 29-7-2022.



Imagen 7. Nótese la densa pedregosidad en forma de bloque de dimensiones métricas sobresaliendo del cultivo de pastos dedicados a la ganadería de leche. Tomada el 29-7-2022.

7-La colada de lava Cervantes se depositó sobre la formación Reventado, que tiene una edad del Pleistoceno, la cual se estima tiene un espesor de 600 m, donde su Miembro Superior, está constituido por coladas de lavas andesíticas augítica, de color gris intermedio, de grano fino, combinando la presencia de numerosos lahares que se encuentran de ligeramente a profundamente meteorizados (Imagen 8).



Imagen 8. Esta fotografía corresponde a un sitio próximo a la naciente Platón, en la que se puede observar la meteorización profunda de la formación geológica Reventado, con presencia de arcillas, aunque también hay sectores donde aflora la roca volcánica densamente diaclasada. Tomada el 11-7-2022.

Asimismo, sobre las lavas y lahares subsuperficiales, se encuentran tapizadas por capas de cenizas volcánicas que varían de espesor entre profundas de varios metros y muy delgadas de pocos centímetros que funge con acuífero a las numerosas nacientes que abastecen a distintos acueductos de las comunidades emplazadas en la zona norte de Cartago, de manera tal que la litología de la colada de Cervantes actúa como una esponja de un espesor promedio de 20 m, según Alvarado y Vega (2013) infiltran la mayor parte del agua de la lluvia que recibe su superficie en el sector de recarga hídrica aguas arriba de las nacientes, alimentando y mezclándose con la recarga hidrogeológica asociada a la formación Reventado y por ende a las nacientes asociadas a la misma, ya que por la naturaleza geológica ya comentada de la formación Cervantes no es un reservorio hídrico, sino una formación que contribuye a la recarga subterránea preexistente asociada a la formación Reventado.

8-La colada de Cervantes en la zona, se caracteriza por una geomorfología definida por un relieve superficial extremadamente rugoso, pero sin cambios bruscos de topografía que apenas alcanzan algunas decenas de metros entre las partes elevadas de su modelado y

las partes bajas aplanadas o fondo valles. Las lomas y las áreas de depresiones definen una colada de lava de relieve superficial donde alternan depresiones alargadas abiertas, circulares y ovaladas entre lomas alargadas que pueden alcanzar algunos cientos de metros, que a distancia semejan una superficie continua regular. Sin embargo, en el campo se observa una pedregosidad continua en forma de bloques cuya organización indica que las formas particularmente alargadas (leves), entre los cuales yacen las depresiones de longitudes y anchos variados que van de decenas de metros hasta algunos cientos y o/ depresiones cratéricas de diferentes dimensiones que se convierten en unidades de modelado de convergencia del agua de escorrentía, cuyos flujos hídricos se infiltraran con gran facilidad debido a la gran porosidad natural de la colada de lava. Esta colada de lava entre los primeros 50 cm y 1 metro en promedio de su espesor de su relieve superficial se observa la roca con un proceso de meteorización incipiente, cuyos subproductos gravosos y arenosos se mezclan con los depósitos de ceniza volcánica formando una matriz que impermeabiliza parcialmente la porosidad y diaclasas de la roca en superficie haciendo lenta la infiltración del agua, pero que luego de que el agua supera estos espesores se encuentra con una colada de lava extremadamente filtrante al presentar una macroporosidad centimétrica, diaclasamiento multidireccional denso y túneles vacíos por donde fluyo lava que hacen que se convierta en un volumen de roca extenso sumamente filtrante hasta entrar en contacto con la formación Reventado.

9-Una muestra de la gran capacidad de infiltración hídrica que tiene la colada de lava de la formación Cervantes, es que la red hídrica formada sobre ella es casi imperceptible en su superficie, pues los únicos cursos fluviales que se observan en algunos cortes de caminos se deben al agua infiltrada por la convergencia en la dirección de diaclasas y fracturas que hacen que el agua se concentre a algunos metros de profundidad en forma de pequeñas quebradas y que fluyen principalmente durante la estación lluviosa. La explicación de lo indicado se debe a que se trata de una colada de la lava que presenta una meteorización superficial poco profunda, ya que se trata de rocas geológicamente muy jóvenes. Imagen 9.



Imagen 9. Esta fotografía aérea corresponde al área de la naciente Platón, en la que se puede observar la pendiente del terreno y que favorece la formación de flujos superficiales. Tomada el 11-7-2022.

10-Lo indicado en el punto anterior queda más que comprobado de acuerdo con lo mostrado en la Imagen 10, donde de forma clara se aprecian la dirección de los flujos superficiales sobre el modelo de elevación digital existentes alrededor de la naciente Plantón y dónde se constata como llegan al cauce principal de la quebrada. La mayoría de estos flujos superficiales, provienen de las direcciones correspondientes al Norte, Noreste y Este del cauce principal.

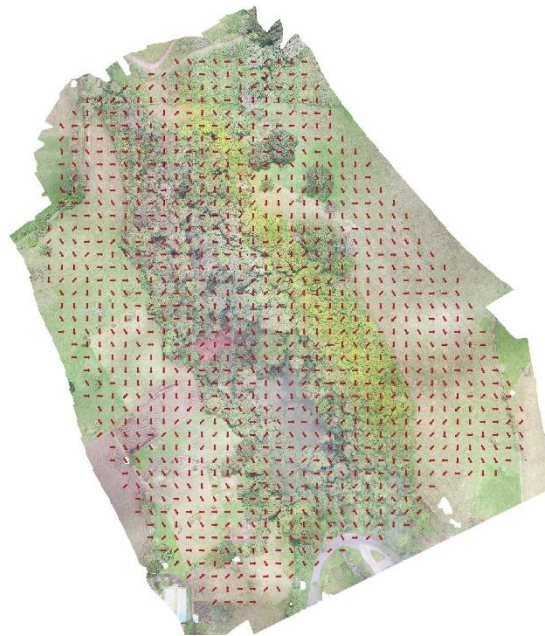


Imagen 10. Ortofoto de la naciente Plantón, que muestra las direcciones de los flujos superficiales. Elaboración propia.

11-Debido a que el uso de la tierra sobre la formación Cervantes es dominante el cultivo de los pastos (Imagen 11), estos ayudan a impermeabilizar la superficie al constituir una cobertura continua, que se suman al sello parcial de los productos de la meteorización de la roca y a las cenizas volcánicas, haciendo que cuando ocurren lluvias muy intensas y torrenciales no se tiempo para una infiltración lenta, sino que se genera una escorrentía en forma de láminas de agua sobre los pastos en dirección a las depresiones alargadas de su geomorfología formándose corrientes de agua en forma de torrentes fluviales durante la estación lluviosa entre los meses de mayo a noviembre, que suelen fluir en tanto dure la torrencialidad de las lluvias evacuando rápidamente sus caudales ocasionando inundaciones súbitas en los poblados asentados en sus áreas proximales y llevando materiales de arrastre en dirección de la infraestructura captadora de las nacientes de los acueductos de la zona (Imagen 12).



Imagen 11. Foto aérea que corresponde a la parte Norte inmediata después de la naciente Carlos Calvo. Se puede observar claramente la presencia de gran cantidad de pastos. Tomada el 29-07-2022.



Imagen 12 A lo largo de los caminos la escorrentía forma cárcavas y barrancos que se comportan como torrentes fluviales, erosionando los bordes laterales inestabilizando la red de caminos entre fincas como se nota en este camino cercano a la naciente Carlos Calvo y provocando inundaciones en los poblados de la zona,

11-La naciente Plantón e infraestructura de captación se encuentra ubicada en la geología del miembro superior de la formación Reventado, que se caracteriza por tener una geomorfología mucho más evolucionada y con meteorización de algunos metros de espesor en la que hoy se encuentra una red fluvial de valles profundos encañonados, con pendientes pronunciadas en sus paredes y laderas próximas que superan el 40%, producto de la incisión fluvial a través de la roca fragmentada por la neotectónica y sistemas de diaclasas, que infieren un comportamiento torrencial fluvial, pero combinando con áreas más suavizadas de topografía de relieve multiconvexo, en la que alternan mayoritariamente con superficies aplanadas subredondeadas, por efecto de las capas de cenizas volcánicas como regularizador y homogenizador topográfico. Las características de esta geológica y de su modelado asociado define un entorno donde está ubicada la naciente Plantón en una unidad geomorfológica equivalente a una microcuenca de forma alargada de 236256 m² donde las aguas de escorrentía y de infiltración confluyen hacia el sector abierto o de dirección de escurrimiento fluvial en dirección Sur que es donde se localiza la naciente y su infraestructura de capacitación hídrica (Imagen 13).



Imagen 13. Fotografía del lugar donde se ubica la naciente Plantón, en la que se observa la sinucia de bosque que protege el sitio de captación hídrica, rodeada de actividad hortícola y ganadera. La imagen confirma como las laderas que circundan la naciente vierten la dirección de pendiente a la misma. Tomada el 11-8-2022.

12-Para este trabajo el uso actual de la tierra es una fuente de información relevante y sirve como punto de partida para caracterizar y medir el impacto de la explotación de las tierras en las naciente Plantón y Carlos Calvo respecto a la respuesta hidrológica de las áreas de drenaje de los puntos de toma de agua del acueducto. Para lograrlo, se elaboró una cartografía del uso actual de la tierra para el área de estudio, con el fin de obtener un análisis en dos niveles de detalle: la cuenca (como unidad físico-natural) y un radio de 200 metros de las tomas de agua (como unidad de protección legal).

Como primera fase del diagnóstico se descargó desde la plataforma <https://www.planet.com/> una imagen satelital PlanetScope del día 28-3-2022 con una extensión entre las coordenadas (9.926196, -83.811951) (9.875102, -83.871148), resolución espacial de 3 metros, con 4 bandas espectrales (Visible+infrarrojo cercano), con ninguna nubosidad presente en la imagen 14.

13-A partir de la Imagen multiespectral PlanetScope del 28-3-2022 (Imagen 14), se identificaron los usos de la tierra debido a que estos son el producto de las interacciones entre las actividades humanas y los componentes del paisaje, es decir relieve, suelos, clima, hidrología, vegetación, etc.



Imagen 14. Imagen base multispectral PlanetScope del 28-3-2022, utilizada para los cálculos de usos de la tierra.

Se identificaron 4 categorías de uso de la tierra (bosque, cultivos, urbano, pastos) mediante el análisis visual de la imagen satelital y lo observado en el trabajo de campo. Además, se fotointerpretó y vectorizó los polígonos de uso de la tierra a escala 1:5000 en la proyección CRTM05, junto con su tabla de atributos.

14-A partir de lo esbozado en los puntos 12 y 13, se obtuvo la fotointerpretación de la imagen satelital para la delimitación de usos de la tierra que permitió generar la imagen 15, con el que se caracteriza la microcuenca donde brota la naciente Plantón, así como la distribución del uso de la tierra dentro de los 200 metros de radio de protección natural que exige la Ley de Aguas número 276, que en principio debe ser cobertura de bosque denso.

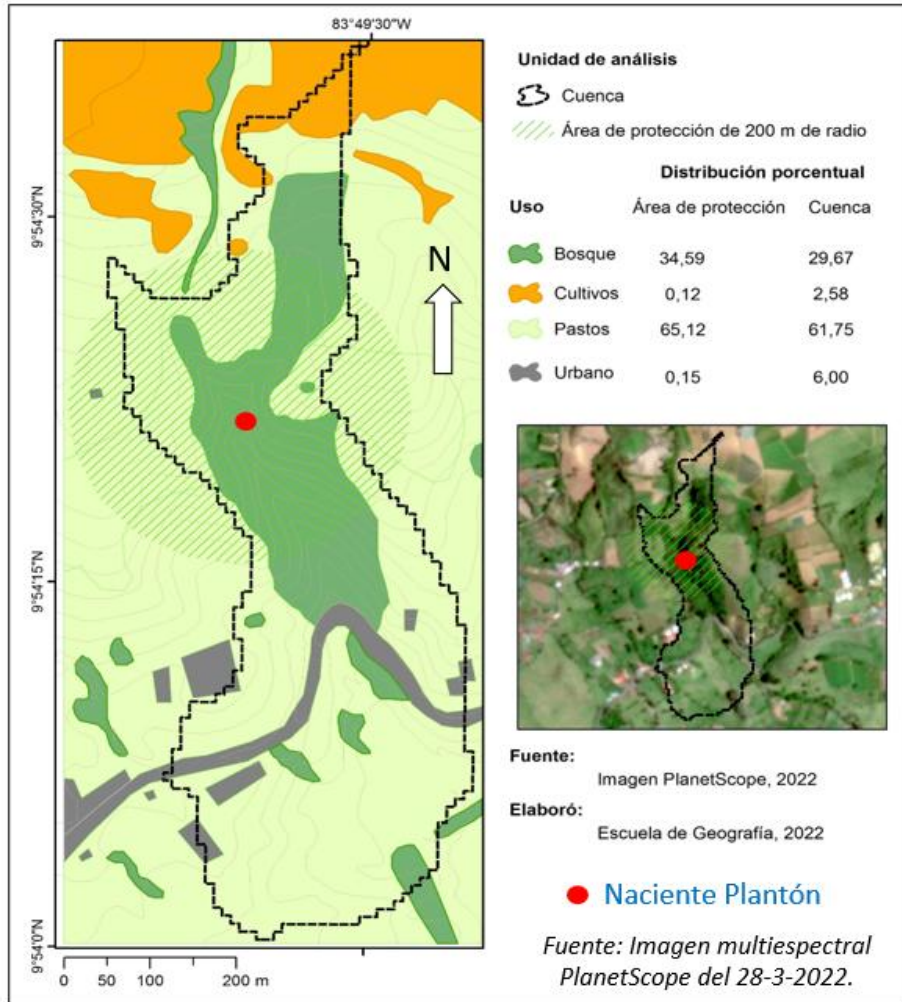


Imagen 15. Uso de la tierra en la microcuenca y área de protección exigida por ley 276 de Aguas en la naciente Plantón

A partir de la imagen, se indica que apenas una tercera parte de la microcuenca donde se localiza la naciente Plantón se encuentra con una cobertura densa de bosque, y circundada por casi dos terceras partes por pastos y unas pequeñas áreas dedicadas a la horticultura.

Respecto a la naciente Carlos Calvo, de acuerdo con la imagen 16, se localiza en una microcuenca extremadamente pequeña con apenas 22586,23 m², es decir, 0.023 km², en los que dos cuartas partes de su superficie es cobertura de bosque, y el resto lo comparten cultivos hortícolas, pastos y uso urbano. Sin embargo, al considerar la superficie de protección que exige la Ley de Aguas 276, de la un área protegida a partir de la naciente de un radio de 200 metros, equivalente a 125600 m², apenas un poco más de una sexta parte su superficie está cubierta por bosque densa, el cual se encuentra rodeado por cultivos 42,6% y 42% por pastos y uso urbano, lo que denota un área protegida 84,7% con uso de la tierra fuera de lo que la ley instruye.

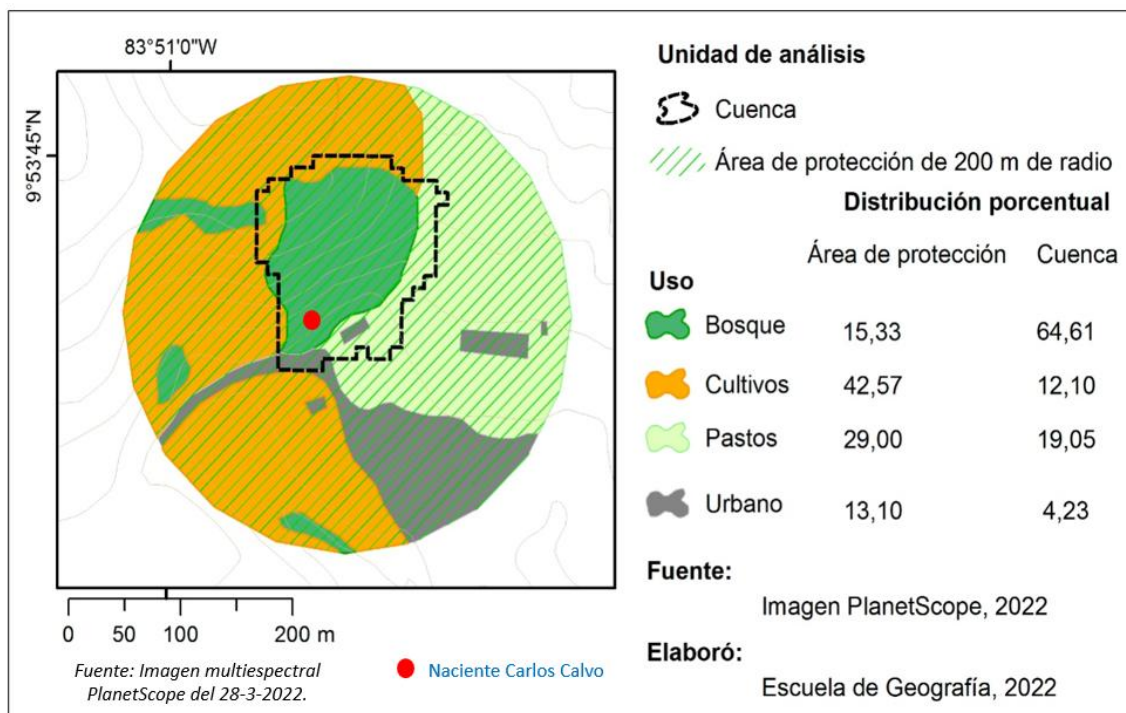


Imagen 16. Uso de la tierra en la microcuenca y área de protección exigida por ley 276 de Aguas en la naciente Carlos Calvo

15-Respecto al régimen pluviométrico de la zona se caracteriza por tener dos estaciones bien definidas según las estaciones meteorológicas más próximas Potrero Cerrado y Volcán Irazú del Instituto Meteorológico Nacional. Se trata de un régimen climático definido por estación seca y una estación lluviosa. La primera ocurre entre los meses de diciembre a abril, y la segunda entre el mes de mayo y finales de noviembre, con una disminución en las lluvias en el mes de julio, pero modificadas en sus cuotas de pluviometría caídas localmente por el factor fisiográfico, por la composición geológicas de las formaciones geológicas Cervantes y Reventado, así como por el manejo natural antrópico a través de la ganadería de leche y el agroecosistema de la horticultura, aunque esta última ocupa pequeñas áreas de cultivo distribuidas como islas cultivos hortícolas debido a terrenos 100% pedregosos que dificulta la preparación de los mismos

16-Durante los meses de enero a abril la pluviosidad es baja lo que afecta la disponibilidad de humedad en el suelo, provocando déficit hídrico reduciendo la capacidad de crecimiento de los cultivos y la calidad de los pastos, ya que la porosidad excesiva de las formaciones geológicas produce abatimiento hidrogeológico en el flujo hipodérmico hídrico. Esto ocurre debido a que el país en este período está en la estación seca, pues suelen precipitar entre 47,7mm y 64, 2mm según la estación Potrero Cerrado y Volcán Irazú respectivamente, como consecuencia de los “empujes fríos” propios de la estación invernal en América del Norte que ingresan por el Caribe. A finales de marzo y durante el mes de abril la zona entra en una transición entre las dos estaciones, con aumento de

lluvias por influencia Pacífica al incrementarse el desarrollo del Anticiclón de América del Sur desplazamiento hacia el Norte de ZCIT con lo que se fortalecen los vientos Alisios del SE en detrimento de los Alisios del NE al debilitarse el Anticiclón del Atlántico, incrementándose las lluvias que alcanzan la primera máxima de precipitación en mayo y junio con 227 y 181 mm, según confirman las estaciones antes referidas, respectivamente.

Inmediatamente después ocurre un descenso de las lluvias entre los meses de julio y agosto llamado “veranillo de San Juan”, originado por un aumento en la velocidad del Alisio del NE y un desplazamiento temporal hacia el Sur de la ZCIT", dando paso a la formación de bajas presiones y ondas tropicales provenientes del Caribe que producen lluvias en la vertiente Caribe de Costa Rica en dirección de las laderas y cimas de la cordillera Volcánica Central, que se reflejan muy bien en la estación volcán Irazú con 177,3 mm de lluvia. A mediados de agosto se incrementan las lluvias por influencia del Pacífico que en octubre alcanzan la segunda máxima de precipitación con 291 mm y 300 mm según las estaciones Potrero Cerrado y Volcán Irazú, respectivamente y señalan al mes de octubre como el de mayor pluviosidad de toda la estación lluviosa en la zona. Es entonces de mayo a noviembre en que ocurre la alimentación hídrica de las áreas de recarga de los acuíferos de la zona y por ende de las nacientes y durante el tiempo que ocurre la mayor infiltración y comportamiento torrencial hídrico en la colada de lava Cervantes y formación Reventado.

Al final del mes de octubre inicia una disminución y variación en el patrón de lluvias hasta mediados de noviembre y diciembre cuando se empieza a observar una nueva transición, al presentarse días característicos de la estación seca que alternan con días propios de la estación lluviosa, con lo que se reinicia el ciclo pluviométrico en la zona.

17-Si se compara el régimen pluviométrico de la zona con otros sitios del país, se tiene una pluviosidad anual bastante baja entre 1694 mm y 1865 mm según las estaciones Potrero Cerrado y Volcán Irazú, respectivamente, esto al compararla por ejemplo con estación T-Seis ubicada a 2000 msnm en el área del Parque Nacional Tapantí donde se registran lluvias anuales por 8000 mm. Esta comparación se hace para destacar que a pesar de que las nacientes de los acueductos asociados a las formaciones Cervantes y Reventado poseen caudales elevados gracias a las características hidrogeológicas de las mismas y a la ubicación altitudinal elevada en sus montañas que son superficies de condensación que garantizan la recarga hidráulica año a año, se suele observar en algunas nacientes rebalse de sus tanques de almacenamiento desperdiándose gran cantidad de litros de agua, tal como se puede comprobar en la naciente Carlos Calvo. Asimismo, se tiene que este régimen de lluvias, que, aunque las lluvias de la zona mensual y anualmente son bajas respecto a otros sitios del país, el agroecosistema de la horticultura persiste gracias a la altitud que produce un clima fresco que favorece el desarrollo de los cultivos aprovechando el rocío de la noche, junto a la humedad almacenada en los suelos volcánicos, pero que suelen perderla después de 2 o 3 días de no llover teniendo la necesidad de recurrir al riego.

18- Fuentes

- Alvarado, Guillermo E. , & Vega, Ana E. (2013). La geomorfología de la colada de Cervantes, volcán Irazú (Costa Rica): descripción de uno de los campos de lava más grandes de América Central. Revista Geológica de América Central, (48),99-118.[fecha de Consulta 17 de Agosto de 2022]. ISSN: 0256-7024. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45437355007>
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Promedios mensuales de datos climáticos de la Potrero Cerrado y Volcán Irazú 1972-2014. Departamento de Información, 2018.
- Planet Team (2022). Planet Application Program Interface: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. <https://api.planet.com>.
- Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica (2022). Trabajo de campo en los sectores inmediatos a Plantón y Carlos Calvo, acueducto de la ASADA de Cipreses de Oreamuno.

19-Conclusiones

Los acueductos valorados se encuentran en una zona rural y de paisaje dominado por la horticultura y la ganadería de leche. Además, se ubican en un contexto geomorfológico y de régimen de lluvias donde se inducen procesos de escorrentía superficial e infiltración alterados por la dinámica y la gestión de las actividades agrícolas y ganaderas hacia las zonas bajas.

También es importante considerar a futuro una evaluación del comportamiento y movimiento de los flujos de agua desde el punto de vista de la hidrogeología asociada a las nacientes de agua potable. Tomando como consideración que la litología de la colada de Cervantes actúa como una esponja en las zonas de recarga hídrica aguas arribas de las nacientes.

En lo que respecta al uso de sistemas de aeronaves pilotadas remotamente, esta tecnología es muy valiosa para realizar levantamientos de información geográfica de manera actualizada y precisa que puede ser utilizada para generar mapas y estadísticas de forma expedita. En el caso de los acueductos estudiados se generó videos y fotografías aéreas que se utilizaron para la documentación y fotointerpretación de los usos de la tierra, además se generó los modelos de elevación digital para derivar las direcciones de flujos y las pendientes del terreno a una escala de alto detalle en cuando a la forma del relieve y usos de la tierra.

Sin otro particular se suscriben con toda consideración.

MSc. Melvin Lizano Araya

MSc. Ramón Masís Campos

Msc. Jonnatan Reyes Chaves

Dr. Víctor Ml. Cortés Granados

cc. archivo