



Caminos de agua, caminos al bienestar

La experiencia de Mountain EVO en Huamantanga - Perú



I. El proyecto Mountain EVO	3
1.1 Presentación del proyecto	3
1.2 Cuatro casos de estudio	4
II. El caso de estudio Mountain EVO Perú Comunidad campesina Huamantanga	8
2.1 Localización y descripción de la comunidad	8
2.2 Servicio ecosistémico priorizado	11
III. Observatorio Ambiental Virtual	13
3.1 Monitoreo de lluvia y caudal	14
3.2 Monitoreo y fortalecimiento del <i>mamanteo</i>	15
3.3 Monitoreo con equipo Arduino de temperatura y caudal	18
3.4 Dinámica social y estrategias de vida	19
IV. Acceso abierto a la información	21
4.1 Diseño centrado en el usuario. Plataforma web Mountain-Evo	22
4.2 En la comunidad	24
4.3 En Lima	36
4.4 Respaldo a las actividades de la iMHEA	38
V. Sostenibilidad	39
VI. Resultados y conclusiones	41
VII. Equipo que ha formado parte y/o ha apoyado al proyecto de investigación Mountain EVO	43
VIII. Infografía	44
IX. Bibliografía	46
Notas	47

Autores:

Katya Pérez
Gian Carlos Oré
Juan Diego Bardales
Pedro Ríos
Boris Ochoa Tocachi
Luis Acosta
Daniela Rovira
Daniela Borja
Zed Zulkafli
Óscar Angulo

Edición: Nicolás Jara Miranda.
Diseño gráfico y diagramación: Carlos Escalante D. y Alejandro Viera S.
Impresión:

Mountain EVO® 2017.
© Todos los derechos reservados.

Fotos de portada: Junior Gil y Sam Grainger.
Fotos de contraportada: Gian Carlos Oré, Katya Pérez y Juan Diego Bardales.



Imagen 1. Comunidad campesina Huamantanga.

1.1 Presentación del proyecto

El proyecto Observatorios Ambientales Virtuales de Montaña o Mountain EVO (Environmental Virtual Observatories) es un proyecto de investigación que busca analizar cómo el monitoreo y la generación de información sobre servicios ecosistémicos (SE) en regiones de montaña pueden ser mejorados y utilizados en procesos de toma de decisiones sobre el uso de recursos naturales con una visión de gobernanza adaptativa, sostenibilidad y reducción de pobreza.

La propuesta del Mountain EVO se basa en la premisa de que los EVO pueden transformar el modelo ciencia-política para el manejo de SE, de tecnocrático (imposición de un conocimiento científico) a una gobernanza adaptativa, negociada e interactiva.

Servicios ecosistémicos

Los SE han sido definidos, según la Evaluación del Milenio sobre Ecosistemas 2015, como los beneficios que se obtienen de los ecosistemas.

- ① ¿Es la falta de conocimiento local acerca de los procesos ecosistémicos, por parte de los tomadores de decisiones, un cuello de botella para la gobernanza adaptativa de SE en regiones montañosas pobres?

- ② ¿Pueden los EVO diseñados y ajustados a la realidad local dirigir los resultados de ciencia ciudadana hacia la recolección de datos y la generación de conocimiento más eficientes y relevantes sobre SE locales?

- ③ ¿Pueden los EVO diseñados y ajustados a la realidad local incrementar el acceso de zonas rurales pobres a datos ambientales que estimulen su participación en la generación de conocimiento y reduzcan vacíos de información?

- ④ ¿Pueden los EVO diseñados y ajustados a la realidad local soportar la gobernanza adaptativa impulsando SE resilientes para las zonas rurales pobres?

1.2 Cuatro casos de estudio

Hemos atendido estas preguntas con la implementación de tecnologías basadas en EVO en cuatro regiones montañosas remotas ubicadas en cuatro países: Kirguistán, Nepal, Etiopía y Perú. Ahí analizamos cómo esas tecnologías influyen en la toma de decisiones sobre SE para mejorar la calidad de vida de las zonas rurales pobres.

1 Montañas centrales de Tien Shan, Naryn, Kirguistán Universidad de Asia Central, UCA



Boris Ochoa

La provincia de Naryn es una región remota rural, de alta montaña, ubicada en el este de Kirguistán, en las áridas o semiáridas montañas Tien Shan. En la era de la Unión Soviética, mucho del territorio de Naryn era usado para el pastoreo colectivo. En la década de 1980, científicos soviéticos empezaron a preocuparse del estado de degradación del suelo debido a las prácticas agropastoriles (Kerven *et al.*, 2012), que solamente han ido empeorando.

Durante las dos últimas décadas, en Kirguistán, las sequías han afectado a más gente que cualquier otro tipo de desastre, mientras que las inundaciones y los deslizamientos de tierra han causado más daños económicos que cualquier otro desastre sísmico (EMDAT, 2012).

La ONG local, MSDSP ha estado trabajado con gobiernos locales al sur del país para desarrollar planes de adaptación al cambio climático que sean dados a conocer mediante análisis de información científica, datos hidrometeorológicos y observaciones locales.

El proyecto ha buscado la integración de un EVO con esta información en los procesos locales de toma de decisiones, llegando al nivel comunitario en primer lugar, para extrapolar condiciones comparables e impactos fuera de la zona de estudio en el resto del distrito de Naryn, en cooperación con el gobierno distrital.



Boris Ochoa

Imagen 2.

Arriba. Paisaje del caso de estudio.

Imagen 3.

Izquierda. Equipo de monitoreo del caso de estudio en Kirguistán.



Boris Ochoa

La cuenca alta del río Kaligandaki está localizada en el distrito de Mustang, en la región Trans-Himalaya de Nepal, bordeando la Región Autónoma del Tíbet, en el noreste de China. El distrito de Mustang tiene una población de 15 000 habitantes y una tasa de alfabetismo del 57 %. La cuenca se asienta en la zona de sombra pluviométrica del macizo Annapurna y recibe menos de 300 mm de lluvia anualmente. El clima es generalmente seco, con vientos fuertes e intensa radiación solar, pero en invierno la temperatura cae a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Mustang cuenta con abundantes llanuras y especies arbustivas en pendientes y valles. La agricultura es la principal actividad de los habitantes de la zona, sin embargo, el agua es escasa y una fuente de disputa para diversos usos (Basnet, 2007; NTNC, 2008). Las dos principales amenazas a los SE son el deshielo de los glaciares y la degradación del suelo.

El proyecto se ha enfocado en el monitoreo local de precipitación, nieve, nivel y caudal de ríos y cobertura del suelo. La información presente en un EVO se vuelve compatible y complementaria con el sistema de manejo de datos del Departamento de Hidrología de Nepal (DHM) para generar productos relevantes para facilitar el trabajo de las ONG y los comités locales.



Boris Ochoa

Imagen 4.

Arriba. Paisaje del caso de estudio.

Imagen 5.

Derecha. Reunión de socialización del caso de estudio en Nepal.



Tilashwork Chanie



Tilashwork Chanie

En Etiopía, 25 millones de personas tienen un ingreso menor a 1 dólar por día y menos de la mitad de la población total del país sabe leer y escribir. La principal actividad económica es la agricultura, que sigue un sistema vertical de organización donde los agricultores reciben información sobre prácticas de manejo de los administradores de aldea y distrito, pero sin retroalimentación de su eficacia (Nyssen *et al.*, 2004).

En las zonas de alta montaña del este de África, la erosión del suelo reduce la producción de alimentos y detiene los esfuerzos de reducción de pobreza. A pesar de los intensos esfuerzos de desarrollo desde la década de 1980, la erosión continúa creciendo y la ya baja producción agrícola continúa reduciéndose, esto ha obligado a las comunidades a abandonar sus tierras.

En los últimos años, CGIAR (Consultative Group for International Agricultural Research) ha instrumentado varias cabeceras de cuenca en el lago Tana para buscar vías más efectivas para usar el agua lluvia en la producción agrícola, mientras se resguardan los recursos hídricos para las zonas aguas abajo.

El proyecto cuenta con la supervisión de la Universidad de Bahir Dar y busca la diseminación de estos resultados, que incluyen datos de lluvia, clima, niveles de agua en cauces, erosión y calidad de agua. El EVO está vinculado al Sistema de Información Hidrológica para lograr integrar, analizar y difundir el conocimiento sobre procesos ambientales.

Imagen 6.

Arriba. Paisaje del caso de estudio.

Imagen 7.

Izquierda. Instalación de infraestructura para recolección de agua lluvia.



Katya Pérez

A pesar de que el crecimiento económico de Perú ha generado cifras macroeconómicas positivas, esta evolución ha descuidado las regiones remotas de los Andes, donde los focos de pobreza están ampliamente presentes. La región de Lima es un ejemplo: la ciudad concentra una gran proporción de la población y la riqueza del país, pero los pobladores de las partes altas de las montañas sufren de erosión severa, sobrepastoreo, degradación de suelos y vegetación y escasez de agua para agricultura que obliga a la migración de la población joven.

Sin embargo, es en las zonas altas donde se genera la mayor cantidad de SE, especialmente hídricos, para las ciudades aguas abajo, lo que ha dado sustento a los *mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos* en Perú. Ahora, los agricultores se encuentran bajo presión para implementar prácticas de conservación de suelo, para mejorar sus propias condiciones y resguardar dichos SE.

El proyecto busca la generación de información a través del monitoreo de precipitación y caudal en cuencas pares para analizar el impacto del sobrepastoreo y la restauración de pastos y de otras variables de interés para las prácticas locales (temperatura, nivel en reservorios, cuantificación de métodos ancestrales de siembra y cosecha de agua, etc.). El EVO reúne esta información para su análisis e interpretación guiada hacia los pobladores de comunidades locales y tomadores de decisiones en Lima, incluidos el Ministerio del Ambiente y las Empresas de Agua Potable.

Esta publicación muestra las diferentes acciones emprendidas durante los 3 años de investigación en el caso de estudio en Perú del Mountain EVO, en la comunidad campesina Huamantanga, y que a pesar de que el Proyecto cerró en diciembre de 2016, varias actividades o herramientas planteadas aún son utilizadas.



Katya Pérez

Imagen 8.

Arriba. Paisaje del caso de estudio.

Imagen 9.

Abajo. Instalación de equipo de monitoreo del caso de estudio en Perú.



II. El caso de estudio Mountain EVO Perú Comunidad campesina Huamantanga

2.1 Localización y descripción de la comunidad

El caso de estudio Mountain EVO Perú se desarrolló en la comunidad campesina Huamantanga, cuya población aproximada es de 600 habitantes. Se trata de una comunidad rural ubicada al noreste de Lima, a 70 km en línea recta (alrededor de 4 horas de viaje) en una zona de montaña a 3 400 metros sobre el nivel del mar.

El territorio de la comunidad abarca un área bastante extensa (9 800 ha), que va desde las orillas del río Chillón, hasta la

cabecera de cuenca, con alturas de 4 600 metros. Corresponde a una zona semidesértica, en donde la vegetación predominante es el desierto premontano; sin embargo, en la altura se puede encontrar ecosistemas de puna.

La presencia de lluvias en la zona es limitada por una marcada estacionalidad. La época lluviosa llega entre los meses de noviembre y abril, a pesar de que los pobladores relatan que, durante los últimos años, el inicio de las lluvias puede inclusive llegar en diciembre.



Imagen 10.
Arriba. Pueblo de Huamantanga.
Imagen 11.
Derecha. Gráfico de estacionalidad de lluvia.

Comunidad campesina Huamantanga

Localización

Comunidad Huamantanga

Tipo: rural

Población aproximada:

600 habitantes

Ubicación: noreste de Lima, sobre la cuenca del río Chillón

Distancia: 70 km en línea recta (4 horas de viaje)

Localización:

zona montañosa semidesértica, entre 3 400 y 4 600 metros sobre el nivel del mar

Área: 9800 hectáreas

Ecosistemas:

zona semidesértica con vegetación predominante de desierto montano y puna en las alturas

Precipitación anual: 600 mm (aproximadamente)



Elaborado por Carlos Escalante



Katya Pérez

Esta fuerte estacionalidad es una limitante para el desarrollo de las actividades productivas de los pobladores, quienes se dedican principalmente a la ganadería y la agricultura de consumo familiar. Los meses de lluvia reverdecen los pastos para el ganado y permiten la siembra de cultivos y la acumulación de agua en los reservorios construidos recientemente y el *mamanteo*.

Imagen 12.

Arriba. Ubicación de la comunidad campesina Huamantanga, con respecto a Lima.

Imagen 13.

Izquierda. Ganadería - Actividad productiva en Huamantanga.



Katya Pérez

El mejoramiento de los **SE hídricos de Huamantanga** beneficia tanto a la comunidad como a **Lima**.

El pasto de la altura, el *mamanteo* y el almacenamiento en reservorios permiten disponer de agua y alimento para el ganado durante los primeros meses de la época seca, sin embargo, en los últimos meses, la necesidad se incrementa a tal punto que es necesario racionar el agua y buscar pasto para el ganado en la altura.

Es importante mencionar que la comunidad se encuentra en la cuenca hidrográfica del río Chillón, una de las fuentes de agua para Lima. Por esta razón, las prácticas para mejorar los servicios ecosistémicos hídricos que se desarrollen en la comunidad benefician directamente a los pobladores de Huamantanga e indirectamente a la población de Lima.

Mamanteo

Esta práctica ancestral, realizada desde tiempos anteriores a los incas, consiste en la infiltración de agua en la altura para disponer de agua en manantiales cercanos a la comunidad durante la época seca.

En las zonas de altura, el agua es transportada hacia lugares de alta infiltración mediante canales para tenderla y permitir la infiltración en el suelo o que la montaña *amamante*.



Nusuy Aljona

Imagen 14.
Arriba. Distribución de agua para irrigación.
Imagen 15.
Derecha. Canal de mamanteo.

2.2 Servicio ecosistémico priorizado



La disponibilidad de agua es un tema de alto interés debido a que Huamantanga se ubica en una zona montañosa semidesértica, cercana a Lima, ciudad que está construida sobre un desierto. Dicho interés se incrementa con los cambios en el comportamiento climático: la época seca se ha extendido y en la época lluviosa, se han presentado eventos de lluvia intensos.

Al hablar de esta problemática de disponibilidad hídrica durante la época seca, estamos refiriéndonos al servicio ecosistémico de regulación hidrológica. El complejo suelo y su cobertura vegetal son los encargados de la regulación hidrológica natural de los ecosistemas.

La preocupación sobre la disponibilidad de agua aumenta al considerar otro factor: la presión antrópica en las zonas altas. En Huamantanga, este factor se concentra especialmente en el sobrepastoreo y la quema de la puna en la altura, que han degradado la cobertura vegetal natural del terreno y producido un impacto directo sobre el suelo (que es el reservorio natural del agua).



Imagen 16.

Arriba. Reservorio de agua para irrigación.

Imagen 17.

Derecha. Canal de irrigación.

En Huamantanga, **el sobrepastoreo y la quema de la puna en la altura** han dañado la cobertura vegetal del suelo (que es el reservorio natural del agua), y lo han compactado y erosionado.



Javier Antiporta

La presión antrópica en la altura, combinada con los cambios en la época lluviosa, genera una pérdida de las propiedades hidrológicas naturales del suelo mediante su erosión y/o compactación.

Con estas consideraciones, el proyecto Mountain EVO buscó explorar las zonas altas proveedoras de agua para analizar la dinámica hidrológica respecto al uso del suelo y la práctica ancestral del *mamanteo*. Al mismo tiempo, se realizó un acercamiento a la dinámica social de la comunidad para entender los factores que influyen sobre las decisiones en la presión antrópica de la altura. El objetivo de ambos esfuerzos fue generar evidencias o datos que pudieran ser transformados en *conocimientos accionables*¹ que permitan tomar decisiones acertadas sobre uso sostenible de los recursos naturales y el desarrollo productivo de su población.

Mountain EVO procuró entender el comportamiento del agua y los factores que en este intervienen debido al uso del suelo y la práctica ancestral del mamanteo, y se acercó a la comunidad para comprender las decisiones que llevan a los pobladores a intervenir en las tierras más altas.



Katya Pérez

Imagen 18.
Arriba. Ganado en altura.

Imagen 19.
Derecha. Pasto durante la época seca.



Sam Greinger

III. Observatorio Ambiental Virtual

El proyecto Mountain EVO propone que a través de los EVO se puede acceder a evidencias para generar un conocimiento accionable. La estrategia incluye monitoreo/observación del ambiente (en las ciencias naturales, de la hidrología, y en las ciencias sociales, de la interacción de la comunidad) con el fin de generar y registrar datos que permitan un análisis y la identificación de factores clave para el uso sostenible de los recursos.

En Huamantanga, la regulación hidrológica es el servicio ecosistémico priorizado, por eso se buscó identificar la influencia del uso del suelo y la práctica del mamanteo, especialmente durante la época seca, para la comunidad como beneficiario directo y para Lima como beneficiario indirecto. Desde el inicio del proyecto, se implementó el monitoreo de lluvia-caudal y de la dinámica social en la comunidad.

Además, se implementó el monitoreo de la práctica del *mamanteo*, cuyo objetivo fue estimar y analizar el tiempo de permanencia en el suelo del agua infiltrada y sus manantiales de salida. Por intereses de la comunidad en identificar medidas de control de pérdidas por heladas, también se implementó el monitoreo de temperatura. Para esta variable, se experimentó el uso de tecnología Arduino.



Juan Diego Bardales

La estrategia de los EVO incluye el **monitoreo** y la observación del ambiente para analizar e identificar los **factores clave** para el uso sostenible de los recursos. Para ello, en **Huamantanga** se monitorearon la lluvia-caudal, la dinámica social, el *mamanteo* y la temperatura.

Imagen 20.
Arriba. Monitoreo de caudal.
Imagen 21.

Abajo. Monitoreo de la práctica ancestral del *mamanteo*.

3.1 Monitoreo de lluvia y caudal



Elaborado por Juan Varas y Alejandro Viera
Fotos: Junior Gil y Juan Diego Bardales

El equipo técnico en hidrología del proyecto implementó el monitoreo de lluvia-caudal en dos pequeñas cuencas ubicadas a aproximadamente 3 600 metros de altitud. El sistema de monitoreo consiste, por cada cuenca, en dos pluviómetros para medir lluvia y una estación hidrológica para medir el nivel de agua en el cauce que luego se convierte en el caudal de la quebrada. La metodología de monitoreo, como se muestra en la imagen 22, consistió en que en una de las cuencas se prohibiera el acceso del ganado para iniciar su recuperación y de esta forma evidenciar cambios en su respuesta hidrológica (caudal). Mediante la comparación de estos cambios y su estado inicial, y, sobre todo, de la comparación de la cuenca recuperada con la cuenca todavía con uso convencional, se cuantificarían los beneficios en los servicios ecosistémicos hídricos (regulación hidrológica, rendimiento hídrico, etc.) debido a la recuperación de la cuenca.

Esta metodología de monitoreo obedece a un protocolo establecido por la Iniciativa Regional de Monitoreo Hidrológico de Ecosistemas Andinos (iMHEA) (Céleri *et al.*, 2010; Ochoa-Tocachi *et al.*, 2016), que es un consorcio de instituciones académicas y ejecutoras en diversos países de los Andes. A través del monitoreo, la iMHEA busca generar evidencia de la influencia de diversos usos de la tierra sobre la dinámica hidrológica de los ecosistemas de altura.

De esta manera, dicha evidencia puede ser utilizada para mejorar la gestión del agua y las cuencas hidrográficas en la región andina. Huamantanga es uno de los sitios de la iMHEA que genera y reporta información desde julio de 2014 (Ochoa-Tocachi *et al.*, 2016).



Imagen 22.

Arriba. Metodología de cuencas pares.

Imagen 23.

Abajo. Instalación de equipos de monitoreo.

3.2 Monitoreo y fortalecimiento del *mamanteo*



Elaborado por Alejandro Viera

El *mamanteo* es un complejo sistema ancestral de siembra y cosecha de agua, pensado y diseñado por los antiguos pobladores de la sierra de Lima para que, a través de canales, se desvíen volúmenes de agua desde quebradas para su infiltración en zonas con alto grado de permeabilidad. Su objetivo es que la recarga hídrica generada de manera artificial derive en un incremento del caudal en manantiales para su aprovechamiento en la época de estiaje.

Pese a la importancia del *mamanteo* para la comunidad de Huamantanga, su funcionalidad no había sido explorada a detalle, por ello, se impulsó una serie de trabajos en busca de comprender esta práctica y su desempeño como un sistema para la regulación hidrológica en las cuencas andinas. Se han desarrollado avances al promover la investigación a partir de trabajos de caracterización en campo y de un innovador ensayo con trazadores fluorescentes.

El objetivo del *mamanteo* es generar una carga de agua para incrementar el caudal en manantiales que puedan ser aprovechados en la época de estiaje.

Imagen 24.

Arriba. Práctica ancestral del *mamanteo*.

Imagen 25.

Derecha. Preparación del material para la inyección de trazadores.



Juan Diego Bardales

El monitoreo del *mamanteo* fue realizado según el conocimiento de los pobladores del territorio de la comunidad, el uso de **trazadores fluorescentes** que indicaban el recorrido del agua infiltrada y el registro de la información en **mapas**.



Juan Diego Bardales

La caracterización en campo fue utilizada como una herramienta para el reconocimiento y el levantamiento de información del casi inexplorado sistema de *mamanteo* en la comunidad de Huamantanga. Esta caracterización tuvo como base las entrevistas con comuneros para la recolección de sus experiencias en campo relativas a la ejecución del *mamanteo* en la actualidad. A partir de ello fue posible un mejor trabajo de observación y toma de datos de las características de los componentes del sistema, siempre con el apoyo de la comunidad. Por otro lado, se recogió información geográfica relevante de la zona de estudio que serviría para el registro y la visualización a partir del análisis de mapas generados.

El procesamiento de la información recogida producto de la caracterización permitió diseñar el experimento con trazadores: se utilizaron dos colorantes fluorescentes: la eosina (Acid Red 87)² y la fluoresceína (Acid Yellow 73), con el objetivo de confirmar la relación recarga (zona de infiltración)/descarga (manantiales) que tendría lugar en el sistema de *mamanteo* durante el proceso de infiltración y su posterior aprovechamiento en manantiales de los volúmenes de agua regulados. También, se buscó analizar la variabilidad de la concentración del trazador durante el monitoreo en los manantiales. Para el monitoreo de la inyección del trazador se utilizaron muestreadores de carbón activado debidamente instalados en cuatro manantiales señalados como puntos de monitoreo (P1, P2, P3 y P4 señalados en la imagen 28).

Imagen 26.

Arriba. Inyección de eosina.

Imagen 27.

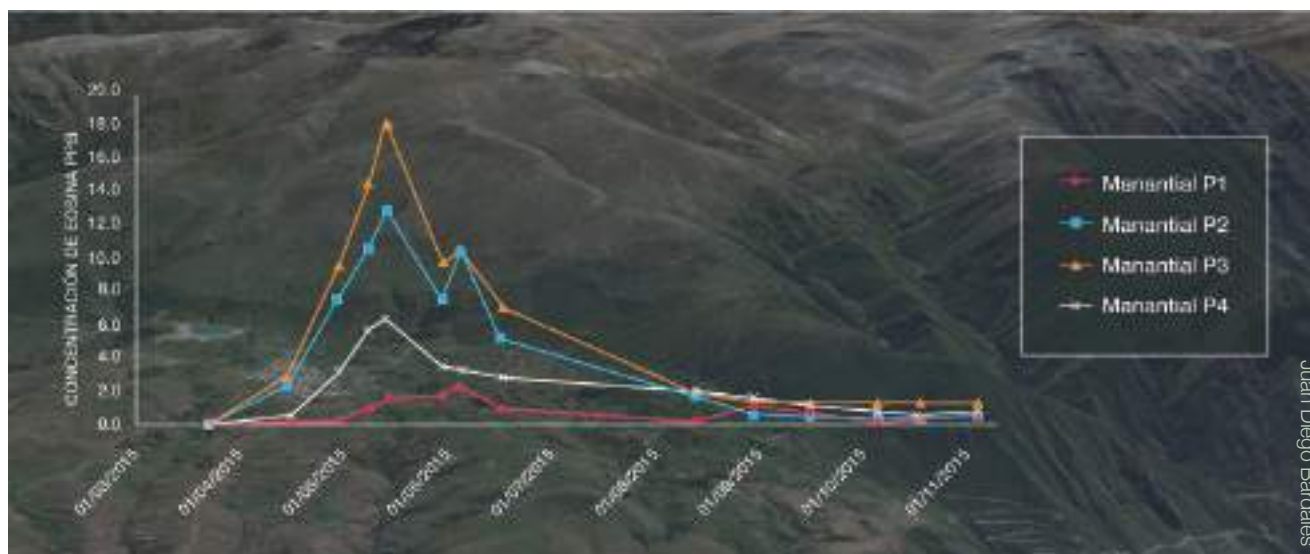
Izquierda. Infiltración de agua de *mamanteo*.

Leyenda

- Huamantanga
- Ríos
- Canales de mamanteo
- Enrutamiento
- Manantiales
- Manantial P1
- Manantial P2
- Manantial P3
- Manantial P4

El trazado con eosina alcanza su pico de contribución a los manantiales entre mayo y junio, y se extiende hasta el final de la época de estiaje.

Carlos Escalante



Juan Diego Bardeles

Es importante mencionar que, según los trabajos descritos anteriormente, ha sido posible corroborar que la práctica ideada por el antiguo poblador de la sierra de Lima cumple con su finalidad y efectivamente proporciona una opción para mejorar la regulación hidrológica en cuencas, pues se halló que el agua infiltrada gracias al *mamanteo* resurge en los manantiales monitoreados (regulación).

Imagen 28.

Arriba. Mapa generado a partir de la caracterización de campo del sistema de *mamanteo*.

Imagen 29.

Abajo. Resultados con las pruebas con trazadores.

En la imagen 15 se grafica parte de los resultados más importantes obtenidos a partir del monitoreo del *mamanteo* con trazadores. Se puede observar el comportamiento de la aparición del trazador en cuatro manantiales monitoreados, además, se resalta que el pico de la contribución del *mamanteo* al caudal en estas fuentes de agua resulta hacia finales del mes de mayo y buena parte del mes de junio, luego de terminada la temporada de lluvias. Es importante notar que el aporte de la práctica de *mamanteo* se da incluso hasta finales de la época de estiaje.

3.3 Monitoreo de temperatura y caudal con equipo Arduino

Como parte del monitoreo de variables hidrometeorológicas, se ha optado como alternativa la experimentación con sensores basada en tecnología Arduino, debido a su bajo costo y facilidad de uso con respecto a otros sensores del mercado.

Arduino, cuya tecnología es reciente en el campo de la electrónica, es una familia de equipos que permiten interactuar y controlar distintos componentes como sensores, registros de datos, relojes, actuadores, etc.

La creciente demanda de estos equipos se debe a su facilidad de manejo en comparación con otros similares, pues inicialmente estos equipos tenían como público objetivo a personas ajenas a la electrónica.

Se han desarrollado tres modelos de equipos de sensores basados en tecnología Arduino: un equipo sensor de temperatura, un equipo sensor de nivel de agua (caudal) y un equipo sensor de lluvia.

En general, los equipos se encargan de monitorear cierta variable de la siguiente manera: cada cierto tiempo el equipo registra el valor de la variable asociada, registra la hora y la fecha del evento y almacena estos datos en una memoria microSD, cuya información es descargada periódicamente.

Se contó con dos equipos sensores de temperatura ubicados en campos de cultivo alrededor de la comunidad de Huamantanga. En el caso de los equipos sensores de nivel de agua, se ubicaron dos en vertederos fuera de Huamantanga cuya finalidad era medir la altura del agua a partir de la variable *nivel de agua* (caudal) brindada por el sensor. Por su lado, el equipo sensor de lluvia, fue ubicado en el colegio de Huamantanga. En la imagen 30 se muestra la localización de cada sensor en Huamantanga y lugares aledaños, con ayuda del software Google Earth.



Carlos Escalante

Imagen 30.

Izquierda. Localización de los equipos de monitoreo.

Imagen 31.

Derecha. Equipos con tecnología Arduino (fotos de Gian Carlos Oré).

Los equipos con tecnología Arduino incluyen sensores, registradores de datos, relojes, etc. Cuya facilidad de manejo y bajo costo facilitaron el monitoreo de las temperaturas, los niveles de agua y la cantidad de lluvia.

3.4 Dinámica social y estrategias de vida



Katya Pérez

El monitoreo de la dinámica social consistió en la recopilación de información secundaria y primaria mediante visitas a la comunidad. El acercamiento a la población comenzó con la participación en actividades sociales (festividades) para afianzar amistades y, a través de ellas, conocer a la gente para aprender de sus experiencias.

Luego se preparó una serie de talleres participativos, cuyo logro tuvo que atender a la disponibilidad de tiempo de los comuneros. La información obtenida en estos talleres puede ser consultada en Pérez y De Bievre, 2015. La herramienta más importante utilizada en este trabajo de campo fue la entrevista, que se desarrolló generalmente en la casa o el lugar de trabajo de cada entrevistado. Esto se debió a que los pobladores sentían mayor libertad de contar su perspectiva de la situación y podían tomarse mayor tiempo.

La sociedad y la economía no son exteriores a la naturaleza, son parte de ella.



Katya Pérez

Imagen 32.

Arriba. Taller participativo en el barrio Shigual.

Imagen 33.

Abajo. Taller participativo en el barrio Anduy.



Katya Pérez



Katya Pérez



Katya Pérez

La observación atenta fue esencial para identificar nuevas preguntas y confirmar aseveraciones realizadas durante las entrevistas.

Durante el entendimiento social se identificaron temas como: los mecanismos de toma de decisiones sobre el uso de recursos naturales comunitarios (el agua y la tierra), la gran relevancia que tienen las actividades productivas sobre la forma y el uso de los recursos naturales, las necesidades y los intereses de información, los medios de acceso a información, las experiencias pasadas de proyectos con aspectos clave que marcaron éxitos o fracasos y los elementos culturales que influyen sobre los recursos naturales. A partir de estos temas se diseñaron estrategias de conocimiento accionable y empoderamiento del proyecto en la comunidad.

Imagen 34.

Arriba. Actividades productivas, preparación para el ordeño.

Imagen 35.

Centro. Actividades productivas, preparación de quesos artesanales.

Imagen 36.

Derecha. Niños de la comunidad.